Aus dem Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie (NTT)
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock
und
dem Forschungsbereich Fortpflanzungsbiologie, FBN Forschungsinstitut für die Biologie
landwirtschaftlicher Nutztiere Dummerstorf

# Analyse embryonaler und perinataler Ferkelverluste – eine Studie an fruchtbarkeitsbetonten Sauenlinien in mitteldeutschen Schweinezuchtbetrieben

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Agrarwissenschaften (doctor agriculturae)

an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der

Universität Rostock

vorgelegt von

Dipl.-Ing. agr. (FH) Kathleen Fischer
geb. 08.01.1979 in Dresden
aus Bernburg

Rostock, 4. September 2009

urn:nbn:de:gbv:28-diss2010-0069-3

1. Gutachter: Prof. Dr. habil. Elmar Mohr,
Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,
Universität Rostock

2. Gutachter: Prof. Dr. habil. Klaus-Peter Brüssow,
Forschungsbereich: Fortpflanzungsbiologie,
Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere (FBN), Dummerstorf

3. Gutachter: Prof. Dr. habil. Martin Wähner,
Fachbereich Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung,
Hochschule Anhalt (FH), Bernburg

Tag der öffentlichen Verteidigung: 13. April 2010

Für meine Eltern

Petra und Jürgen Fischer

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis IV
Abbildungsverzeichnis VI
Abkürzungsverzeichnis VIII

1 Problemstellung 1

2 Literatur 4

2.1 Diskrepanz zwischen potentieller und faktischer Fruchtbarkeit 4
2.2 Die embryonale/fetale Phase 7
2.3 Uteruskapazität (uterine capacity) 9
2.3.1 Einflussfaktoren auf die Uteruskapazität 12
2.3.1.1 Einfluss der Rasse auf die Uteruskapazität 12
2.3.1.2 Einfluss der Feten und ihrer Entwicklung 14
2.4 Plazentaeffizienz 16
2.5 Perinatale Mortalität 20
2.5.1 Bedeutung des Geburtsgewichtes der Ferkel 21
2.5.2 Risikofaktor Sauerstoffmangel 24
2.5.3 Bedeutung der Vitalität 25
2.5.3.1 Einflussgrößen auf die Vitalität 26
2.5.3.1.1 Biologische Faktoren 26
2.5.3.1.2 Züchterische Faktoren 31
2.5.3.1.3 Pathophysiologische Faktoren 31
2.5.3.1.4 Verfahrenstechnische Faktoren 32
2.6 Einflussfaktoren auf die Wurfleistung 33
2.6.1 Einfluss der Höhe perinataler Ferkelverluste auf die Wurfleistung 33
2.6.2 Einfluss des betrieblichen Managements 35
2.6.3 Einfluss der Wurfnummer auf die Höhe perinataler Verluste 36
2.6.4 Einfluss der Austreibungszeit auf die Wurfleistung 37
2.6.5 Weitere Faktoren 38
2.7 Züchterische Ansätze zur Verringerung der Höhe der perinatalen Mortalität 39
2.7.1 Züchterische Bearbeitung der Verbesserung der Wurfleistung 40
2.7.2 Molekulargenetischer Ansatz 43

3 Zielstellung 45

3.1 Ausgangssituation und Ableitung der Arbeitsaufgabe 45
3.2 Themenschwerpunkte und Untersuchungszeiträume 46

4 Methodik 47

4.1 Projekt 1. Untersuchung der Embryonalen/Fetalen Mortalität 47
4.1.1 Versuchsbetrieb 48
4.1.2 Versuchsgruppen und Probenaufbereitung 48
4.2 Projekt 2. Analyse der Verluste im perinatalen Zeitraum 52
4.2.1 Versuchsbetriebe 52
4.2.2 Datenerfassung 52
4.3 Auswertung der Ergebnisse 53

5 Ergebnisse 55

5.1 Projekt 1 Untersuchung der Embryonalen/Fetalen Mortalität 55
5.1.1 Embryonale/fetale Verluste 55
5.1.2 Beziehungen zwischen der Anzahl CL und der Anzahl insgesamt gefundener und intakter Eizellen/Embryonen/Feten und den Verlustraten 56
5.1.3 Qualität, Verteilung und Längenwachstum der Embryonen/Feten 60
5.1.4 Einfluss der Uterushornlänge auf die Gesamtanzahl an Feten und die Anzahl intakter Feten 63
5.1.5 Einfluss der Uterushornlänge auf die körperliche Entwicklung der Feten 64
5.1.6 Anordnung der Feten im Uterus hinsichtlich Platz und Geschlecht und mögliche Auswirkungen auf das Gewicht 65
5.1.7 Clusteranalyse zum TT 30 und TT 80 66
5.1.7.1 Trächtigkeitstag 30 66
5.1.7.2 Trächtigkeitstag 80 68
5.2 Projekt 2. Analyse der Verluste im perinatalen Zeitraum 70
5.2.1 Betrieb A 70
5.2.1.1 Auftreten toter Ferkel im Wurfverlauf 73
5.2.1.2 Austreibungszeit der Ferkel 74
5.2.1.3 Einfluss der Wurfnummer 77
5.2.2 Betrieb B 79
5.2.2.1 Austreibungszeit der Ferkel 81
5.2.2.2 Einfluss der Wurfnummer 83
5.2.3 Vergleichende Untersuchung für die Betriebe A und B 85

6 Diskussion 86

6.1 Projekt 1 86
6.1.1 Einflussfaktoren auf eine hohe Wurfgröße 87
6.1.2 Verlustraten zum 2. Trächtigkeitstag 92
6.1.3 Verluste zum 30. Trächtigkeitstag 93
6.1.4 Verluste zum 80. Trächtigkeitstag 94
6.1.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für Wissenschaft und Praxis 97

6.2 Projekt 2 99
6.2.1 Geburtsgewicht 101
6.2.2 Austreibungszeit 106
6.2.3 Nabelschnur 107
6.2.4 Schlussfolgerungen für das Abferkelmanagement 109

7 Zusammenfassung 110

8 Summary 111

9 Quellennachweis 113

Anhang IX

# Tabellenverzeichnis


| | | |
|---|---|---|
| Tab. 1 | Veränderung der Bedeutung der Leistungsmerkmale in der Schweineproduktion (KRIETER, 2001) | 1 |
| Tab. 2 | Entwicklung der Fortpflanzungsleistung in sächsischen Ferkelerzeugerbetrieben (RINGAUSWERTUNG MSZV 2004 bis 2007) | 2 |
| Tab. 3 | Embryonale und fetale Mortalität in Abhängigkeit zum Trächtigkeitstag (POPE UND FIRST, 1985) | 6 |
| Tab. 4 | Entwicklungsstadien befruchteter Eizellen | 7 |
| Tab. 5 | Zeitpunkt der die Gravidität aufrechterhaltenden frühembryonalen Signale (nach HOFFMANN, 1994 in DÖCKE, 1994) | 8 |
| Tab. 6 | Ausgewählte Untersuchungsergebnisse (nach FENTON ET AL., 1970) | 11 |
| Tab. 7 | Ausgewählte Ergebnisse von Untersuchungen zur embryonalen und fetalen Überlebensrate (verändert nach VALLET, 2000) | 15 |
| Tab. 8 | Geburtsmassen der Ferkel, Plazentagewichte und Gesamtwurfmasse bei Sauen mit unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Geburtsgewicht und Plazenta (nach WILSON ET AL., 1998) | 17 |
| Tab. 9 | Embryonale Mortalität in Zusammenhang mit der Länge des Uterushorns und der Anzahl CL (WU ET AL., 1987) | 18 |
| Tab. 10 | Anzahl Gelbkörper, Anteil lebender und toter Früchte sowie der Anteil überlebender Feten bei Kontrollsauen (KS) und Versuchssauen (UHO) (nach KNIGHT ET AL., 1977) | 19 |
| Tab. 11 | Körperliche Entwicklung der Embryonen und Feten in den ersten beiden Trimestern der Trächtigkeit | 20 |
| Tab. 12 | Lineare Korrelationskoeffizienten zwischen Geburtsgewicht und den Parametern Aufstehen, ZGK und ZMA (modifiziert nach JUNGHANS, 1992) | 27 |
| Tab. 13 | Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Wurfgröße auf das Verlustgeschehen (nach HEINZE UND RAU, 2007) | 29 |
| Tab. 14 | Einfluss der Zitzenposition während der Säugezeit auf den täglichen Lebendmassezuwachs bis zum 7. und 28. Lebenstag (nach HOY ET AL., 1995) | 30 |
| Tab. 15 | SKBR-Ringauswertung von Ferkelerzeugern (HEINZE, 2003) | 34 |
| Tab. 16 | Relatives Risiko von verschiedenen Faktoren für Saugferkelverluste (nach RÖHE UND KALM, 2000) | 39 |
| Tab. 17 | Genetische Parameter der Überlebensrate von Ferkeln (modifiziert nach RÖHE, 2001) | 41 |
| Tab. 18 | Teilexperimente Projekt 1 | 47 |
| Tab. 19 | Parameter der Untersuchungen | 50 |
| Tab. 20 | Ermittelte Daten zum Ovargewicht, zu den Anzahlen CL, Embryonen und Feten sowie zur embryonalen/fetalen Mortalität in den Teilexperimenten I - III | 55 |
| Tab. 21 | Mittlere (± SD) Verlustraten an TT 30 und TT 80 in Abhängigkeit zur Anzahl CL | 60 |

| | | |
|---|---|---|
| Tab. 22 | Anzahl und Qualität der ermittelten Embryonen/Feten am TT 2, TT 30 und TT 80 | 61 |
| Tab. 23 | Mittlere (± SD) Gewichte und Längen der Embryonen/Feten, Uterushornlängen und Platz je Embryo/Fetus im Uterushorn am TT 30 und TT 80 | 62 |
| Tab. 24 | Deskriptive Statistik zur Körpergröße und-länge der Feten nach Geschlecht am TT 80 | 64 |
| Tab. 25 | Deskriptive Statistik zur Clusterbildung am TT 30 | 66 |
| Tab. 26 | Deskriptive Statistik zur Clusterbildung am TT 80 | 68 |
| Tab. 27 | Leistungsstand der Sauen mit dokumentierter Abferkelung in den Betrieben A und B | 70 |
| Tab. 28 | Mittlere (± SD) Parität, Geburtsgewichte der Ferkel, Anzahl TGF und Mumien sowie Anteil an Würfen mit tot geborenen Ferkeln in Bezug zur Anzahl IGF (Betrieb A) | 71 |
| Tab. 29 | Korrelationen zwischen den Parametern IGF, mittleres Geburts-gewicht, Anteil untergewichtiger Ferkel, Anteil Würfe mit TGF, TGF und Mumien (Betrieb A) | 72 |
| Tab. 30 | Auftreten tot geborener Ferkel im Verlauf eines Wurfes (Betrieb A) | 73 |
| Tab. 31 | Mittelwerte und Standardabweichungen des Zeitintervalls (min) bis zur Austreibung des nächsten Ferkels (Betrieb A) | 75 |
| Tab. 32 | Überblick zur Wurfleistung der Sauen im Bezug zur Wurfnummer (Betrieb A) | 77 |
| Tab. 33 | Angaben zur mittleren (± SD) Dauer der Abferkelung und Austreibungszeit je Ferkel in Bezug zur Wurfnummer (Betrieb A) | 78 |
| Tab. 34 | Mittlere (± SD) Geburtsgewichte der Ferkel, Anzahl TGF, Anzahl an Mumien sowie Anteil an Würfen mit tot geborenen Ferkeln in Bezug zur Anzahl IGF (Betrieb B) | 79 |
| Tab. 35 | Mittleres Geburtsgewicht (± SD) der Ferkel im klassifizierten Wurfverlauf (Betrieb B) | 82 |
| Tab. 36 | Deskriptive Statistik zur mittleren Austreibungszeit der Ferkel in min (± SD) in Abhängigkeit zum klassifizierten Geburtsgewicht der Ferkel in Betrieb B | 83 |
| Tab. 37 | Überblick zur Wurfleistung der Sauen im Bezug zur Wurfnummer (Betrieb B) | 83 |
| Tab. 38 | Beziehung zwischen der klassifizierten Wurfnummer, der Dauer der Abferkelung sowie der Austreibungszeit je Ferkel (Betrieb B) | 85 |
| Tab. 39 | Gewichte und Länge der Feten von Meishan, Yorkshire und Deutscher Landrasse am 70., 80., 90. und 110. Trächtigkeitstag (ergänzt nach BIENSEN ET AL., 1998) | 91 |

# Abbildungsverzeichnis


| | | |
|---|---|---|
| Abb. 1 | Anzahl abgesetzter Ferkel je Sau und Jahr in Dänemark, den Niederlanden und Betrieben des MSZV | 3 |
| Abb. 2 | Reduzierung der potentiellen zur faktischen Fruchtbarkeit | 4 |
| Abb. 3 | Entwicklung der Ferkelverluste innerhalb der ersten 7 Lebenstage in Abhängigkeit zum Geburtsgewicht (MARCHANT, 2003) | 23 |
| Abb. 4 | Häufigkeiten von neugeborenen Ferkeln mit verzögertem Gesäugekontakt (ZGK>20min) bzw. einer verzögerten ersten Kolostrumaufnahme (ZMA>40 min) (nach BÜNGER, 2003) | 25 |
| Abb. 5 | Entwicklung des Anteils untergewichtiger Ferkel in Abhängigkeit zur Wurfgröße (nach HEINZE UND RAU, 2007) | 29 |
| Abb. 6 | Vergleich der Mittelwerte für ZGK, ZMA und den Anteil in % für ZGK>20min und ZGK>40min für reinrassige (Edelschwein) und Kreuzungsferkel (nach BÜNGER 1984; BÜNGER ET AL., 1985a und b) | 31 |
| Abb. 7 | Schematische Darstellung des Fortpflanzungstraktes des weiblichen Schweines zur Feststellung der Körperseite (verändert nach KOCH, 1981) | 51 |
| Abb. 8 | Beziehung zwischen der Anzahl CL und der Anzahl Eizellen gesamt und intakt zum TT 2 | 57 |
| Abb. 9 | Beziehung zwischen der Anzahl CL und der Anzahl Embryonen gesamt zum TT 30 | 57 |
| Abb. 10 | Zusammenhang zwischen der Anzahl insgesamt gefundener und intakter Embryonen und Feten an den TT 30 und 80 | 58 |
| Abb. 11 | Zusammenhang zwischen der Anzahl CL, der Anzahl intakter Embryonen sowie der Verlustrate zum TT 30 und TT 80 ($^{a, b}$ $p<0,05$) | 59 |
| Abb. 12 | Zusammenhang zwischen der Uterushornlänge gesamt und der Anzahl intakter Feten am TT 80 | 63 |
| Abb. 13 | Darstellung der Anzahl CL, Anzahl Embryonen gesamt und intakt sowie der Höhe der Mortalitäts- und Verlustrate zum TT 30 nach Clusteranalyse (n=34 Jungsauen) | 67 |
| Abb. 14 | Darstellung der Anzahl CL, Anzahl Feten gesamt und intakt sowie der Höhe der Mortalitäts- und Verlustrate zum TT 80 nach Clusteranalyse (n=30 Jungsauen) | 69 |
| Abb. 15 | Geburtsgewichte lebend und tot geborener Ferkel in Betrieb A (n=280 Würfe) | 74 |
| Abb. 16 | Mittlere Geburtsgewichte und Austreibungszeiten der Ferkel in der Wurffolge (Betrieb A) | 75 |
| Abb. 17 | Mittlere Austreibungszeit (min) der Ferkel in Bezug zum Geburtsgewicht (Betrieb A); $^{a:b;\ c:d;\ e:f;\ g:h}$ $p<0,05$ | 76 |
| Abb. 18 | Anzahl insgesamt geborener Ferkel sowie Anzahl toter Ferkel je Wurf in Abhängigkeit von der Wurfnummer (Betrieb A); $^{a:b}$ $p<0,05$ | 78 |
| Abb. 19 | Mittlere Geburtsgewichte und Austreibungszeiten der Ferkel in der Wurffolge (Betrieb B) | 81 |

| | | |
|---|---|---|
| Abb. 20 | Mittlere Austreibungszeit (min) der Ferkel in Bezug zum Geburtsgewicht (Betrieb B) | 82 |
| Abb. 21 | Anzahl insgesamt geborener sowie die Anzahl tot geborener Ferkel je Wurf in Abhängigkeit von der Wurfnummer der Sau (Betrieb B); $^{a:b}$ $p<0,05$ | 84 |
| Abb. 22 | Beziehung zwischen Geburtsgewicht und Ferkelverlusten nach HÖRÜGEL (1996) kombiniert mit Ergebnissen der Betriebe A und B | 102 |
| Abb. 23 | Vergleichende Betrachtung des mittleren Geburtsgewichtes (kg) und des Anteils leichter Ferkel (<1kg) in % für beide Betriebe im Vergleich zu Daten von QUINIOU ET AL. (2002) | 104 |

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| AGF | Abgesetzte Ferkel |
| AIV | Ampulle Isthmus-Verbindung |
| CL | Corpus Luteum |
| c. haem. | Corpus Haemorhagicum |
| DE | Deutsches Edelschwein |
| DL | Deutsche Landrasse |
| EB | Erstbesamung |
| hCG | Human Chorion Gonadotropin |
| GnRH | Gonadotropin Releasing Hormon |
| IE | Internationale Einheiten |
| IGF | Insgesamt geborene Ferkel |
| KS | Kontrollsauen |
| LGF | Lebend geborene Ferkel |
| MSZV | Mitteldeutscher Schweinezuchtverband e.V. |
| MW | Mittelwert |
| p.c. | post conceptionem |
| PMSG | Pregnant Mare Serum Gonadotropin |
| QTL | Quantitative Trait Loci |
| SD | Standardabweichung |
| SKBR | Schweinekontroll- und Beratungsring |
| SSL | Stirn-Steiß-Länge |
| TGF | Tot geborene Ferkel |
| TT | Trächtigkeitstag |
| UHO | Unilateral Hysterectomy |
| VS | Versuchssauen |
| ZDS | Zentralverband der Deutschen Schweineproduktion e.V. |
| ZGK | Zeit bis zum ersten Gesäugekontakt |
| ZMA | Zeit bis zur ersten Kolostrumaufnahme |

# 1 Problemstellung

Die Entwicklungstendenzen in der deutschen und internationalen Schweineproduktion zwingen bisherige Zucht- und Produktionsstrategien zu überdenken.

In allen Bereichen wird mit Nachdruck auf eine Verringerung der Kosten hingewirkt, um rentabler zu wirtschaften. Der fortschreitende Trend hin zu größeren Produktionseinheiten, der Anstieg der Futterkosten und die begrenzten Möglichkeiten der Erlössteigerung durch weitere Erhöhung des Fleischanteils heutiger Spitzentiere sowie schwankende Deckungsbeiträge für die Erzeuger kennzeichnen die allgemeine Situation für diese Branche. Es sind Produktionsverfahren gefordert, welche die wirklich Kosten senkenden Faktoren, d.h. die funktionellen Faktoren, im Blick haben. Zu diesen gehören neben der Tiergesundheit die Fruchtbarkeit hinsichtlich Wurfgröße, Wurfqualität und Aufzuchtleistung der Sauen. In Deutschland ist im Vergleich zu anderen Nutzleistungen der Schweine unter den derzeitigen Marktbedingungen dieser Leistungskomplex hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit in der Schweineproduktion von größter Bedeutung. Unter den Einflussgrößen, die vom Landwirt direkt beeinflusst werden können, lässt die Anzahl abgesetzter Ferkel je Sau und Jahr mit etwa 30 % den nachhaltigsten Effekt erwarten (KÖHN, 1997). Der Reproduktionsleistung des Einzeltieres ist demzufolge eine sehr hohe wirtschaftliche Bedeutung beizumessen. Diese Aussage wird mit der Tatsache belegt, dass Gewinnzuwächse in der Zukunft neben der Bereitstellung einer gleichmäßig guten Fleischqualität vor allem im Bereich der Fruchtbarkeit zu erwarten sind (Tab. 1).

Tab. 1: Veränderung der Bedeutung der Leistungsmerkmale in der Schweineproduktion (KRIETER, 2001)

| | **1990** | **2000** | **2010** |
|---|---|---|---|
| Schlachtkörper | | | |
| Fleischanteil - Niveau | +++ | + | + |
| - Varianz | + | ++ | +++ |
| Bauchqualität | - | ++ | + |
| Mastleistung | - | + | ++ |
| Fleischbeschaffenheit | - | (+) | + |
| Fettqualität | - | - | - |
| Fruchtbarkeit | | | |
| lebend geborene Ferkel | + | ++ | +++ |
| Aufzuchtleistung (Ferkelgewichte, Überlebensrate) | - | + | ++ |
| Nutzungsdauer | - | + | ++ |
| Tier- und Umweltschutz | - | - | ++ |

Nach Angaben des ZDS (2007) erhöhte sich für die Deutsche Landrasse deutschlandweit in der Zeit von 2001 bis 2006 die durchschnittliche Anzahl abgesetzter Ferkel je Jahr von 21,7 auf 24,0, d.h. um 10,6%. Die Anzahl lebend geborener Ferkel ist im gleichen Zeitraum um 8,3% auf 26,1 gestiegen. Die Höhe der Verluste wird mit 7,8% für 2006 ausgewiesen. Hier liegt ein betriebswirtschaftlich sehr entscheidender Aspekt.

Ringauswertungen sächsischer Ferkelerzeugerbetriebe (RINGAUSWERTUNG MSZV 2004, 2005, 2006, 2007) belegen, dass in den letzten Jahren die Höhe der Saugferkelverluste über dem Niveau von 10% lag. Bei einer Betrachtung der Ergebnisse von 2004 bis 2007 zeigt sich lediglich eine geringfügige Verbesserung von 12,2% im Jahr 2004 auf 11,5% im Jahr 2007. Allerdings lagen die Werte für Saugferkelverluste in den Jahren 2005 und 2006 über 13%. Eine genauere Betrachtung der an der Ringauswertung beteiligten Betriebe zeigt, dass 2007 die 25% besten Betriebe Saugferkelverluste von 8,4% ausweisen, während der entsprechende Wert bei den 25% schlechtesten Betrieben bei 16,7% lag. Die Verbesserung der Anzahl abgesetzter Ferkel je Sau und Jahr um 2 Ferkel auf 23,4 in 2007 wurde durch eine Erhöhung der Anzahl lebend geborener Ferkel je Sau und Jahr ermöglicht (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Entwicklung der Fortpflanzungsleistung in sächsischen Ferkelerzeugerbetrieben (RINGAUSWERTUNG MSZV 2004 bis 2007)

| **Parameter** | **2004** | **2005** | **2006** | **2007** |
|---|---|---|---|---|
| Lebend geborene Ferkel / Wurf (MW) | 10,89 | 11,08 | 11,34 | 11,57 |
| Tot geborene Ferkel / Wurf (MW) | 0,91 | 0,95 | 1,05 | 1,05 |
| Saugferkelverluste / Wurf (%) | 12,15 | 13,45 | 13,19 | 11,51 |
| Abgesetzte Ferkel / Wurf (MW) | 21,42 | 22,34 | 23,12 | 23,39 |

Dies weist auf eine verbesserte Arbeit auf züchterischer Ebene sowie eine Verbesserung der Umweltbedingungen hin.

Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern ist das Niveau der hiesigen Ferkelproduktion als mittelmäßig einzustufen. Auswertungen der Arbeitsgruppe InterPIG (2009) zeigen den Leistungsbereich anderer europäischer Länder.

In Abbildung 1 wird ersichtlich, dass bereits 2003 in den Niederlanden und in Dänemark die Anzahlen an abgesetzten Ferkeln je Sau und Jahr erreicht wurden, die in Mitteldeutschland vier Jahre später (2007) realisiert werden konnten.

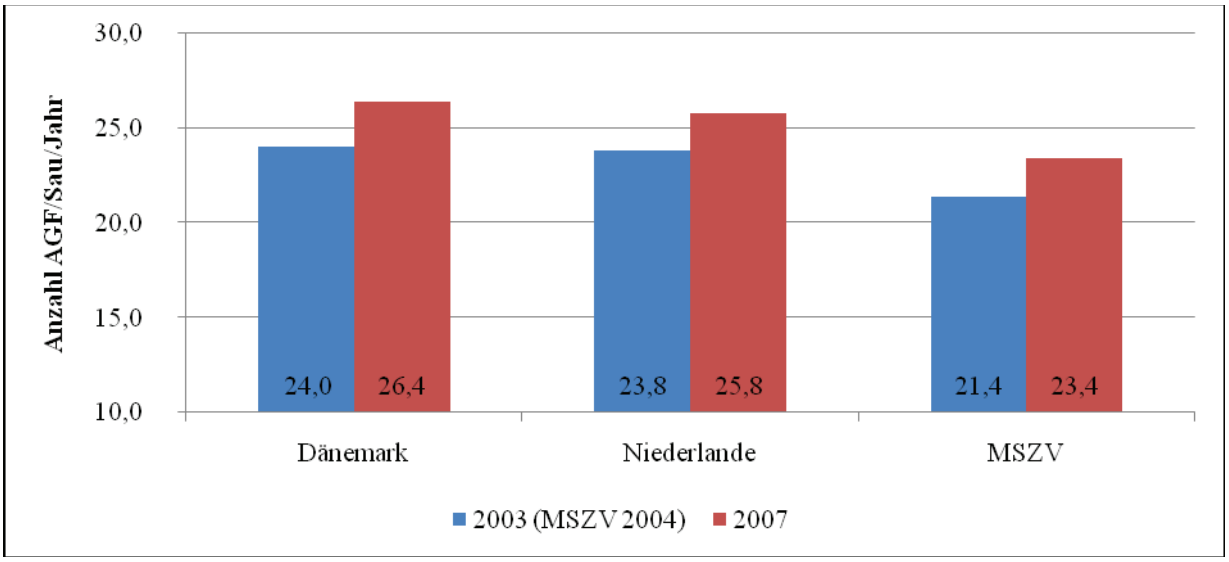



Abb. 1: Anzahl abgesetzter Ferkel je Sau und Jahr in Dänemark, den Niederlanden und Betrieben des MSZV

Das derzeitige genetische Potential liegt nach Schätzungen von BRÜSSOW UND WÄHNER (2008) bei 15 lebend geborenen Ferkeln. Weiterhin unterstellt, dass die Ferkelverluste unter 10% betragen und 2,5 Würfe je Jahr erreicht werden, scheinen 34 abgesetzte Ferkel je Sau und Jahr möglich. Das Ausschöpfen dieses Potentials ist Anliegen der Ferkelerzeuger. Es besteht das Problem der Diskrepanz zwischen der potentiellen und der realisierten Fruchtbarkeit in den Sauenbeständen deutscher Betriebe. Hier werden wichtige Ansätze gesehen, die Fruchtbarkeitsleistung unter Beachtung der Tiergesundheit auf hohem Niveau zu stabilisieren bzw. weiter im Rahmen der biologischen Möglichkeiten zu forcieren.

# 2 Literatur

## 2.1 Diskrepanz zwischen potentieller und faktischer Fruchtbarkeit

Die faktische Fruchtbarkeit ist niedriger als die potentiell mögliche. Das Ausschöpfen des Potentials in der Fruchtbarkeit wird von mehreren Parametern beeinflusst. Grundlage ist eine hohe Anzahl ovulierter Eizellen. Im Eierstock ist mit einem Pool an möglichen Eizellen von etwa 500.000 Follikeln und Eizellen dafür die Grundlage vorhanden (GOSDEN UND TELFER, 1987), so dass der Eierstock nicht als limitierender Faktor angesehen wird. Lediglich 0,5% der vorhandenen Eizellen werden als befruchtungsfähige Eizellen im Laufe des Lebens einer Sau freigesetzt (BRÜSSOW UND WÄHNER, 2008). Ausgehend von einer durch Stimulation des Ovars und durch eine gezielte Züchtung beeinflussbare Anzahl an Ovulationen erfolgt die Reduzierung der potentiellen Fruchtbarkeit durch die Höhe der Befruchtungsrate sowie das Ausmaß embryonaler wie fetaler Verluste. Die faktische Fruchtbarkeit wird negativ durch Totgeburten und Aufzuchtverluste beeinflusst. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 2 dargestellt.

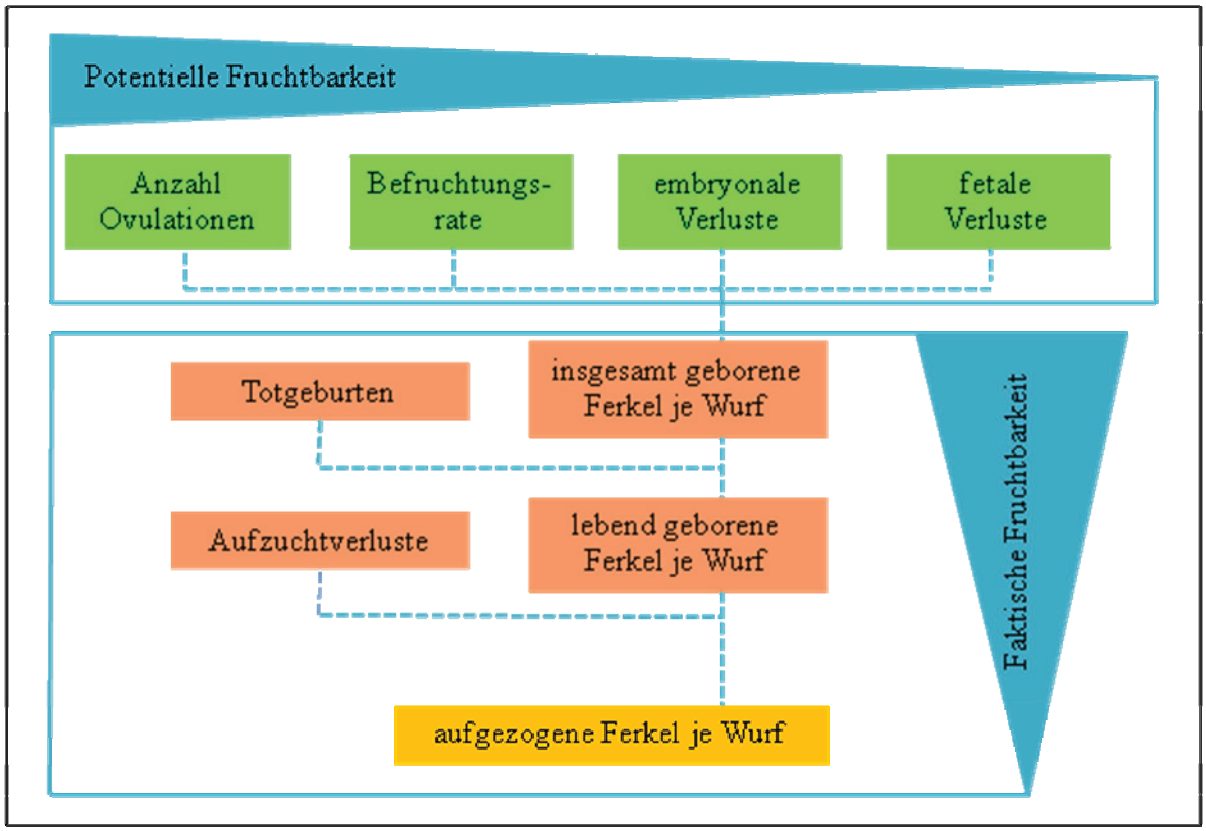



Abb. 2: Reduzierung der potentiellen zur faktischen Fruchtbarkeit

Für eine hohe Anzahl lebend geborener Ferkel je Wurf sind niedrige Verluste während der Trächtigkeit Bedingung. Wie weit dies realisiert wird, ist anhand der Differenz zwischen der Anzahl ovulierter Eizellen sowie der Anzahl lebend geborener Ferkel je Wurf zu ersehen.

Während bei Jungsauen in der 2. bis 3. Brunstperiode 14 bis 16 Follikel ovulieren, reifen bei abgesetzten Altsauen 20 und mehr Eizellen heran. Möglichkeiten zur Einflussnahme auf die Anzahl Ovulationen, und somit zur potentiellen Erhöhung der Wurfgröße, sind durch eine Stimulation der Ovarfunktion und durch züchterische Beeinflussung der Anzahl Ovulationen generell gegeben. Eine Stimulation des Follikelwachstums mit exogenen Gonadotropinen (Auslösung von Superovulationen mit PMSG) kann zwar den Anteil ovulationskompetenter Follikel durchschnittlich um 30 bis 60% erhöhen, eine Erhöhung des Anteils intakter Embryonen (und somit der potentiell möglichen Anzahl Ferkel) ist jedoch nur moderat (0 bis 40%; BAZER ET AL., 1969a; BRÜSSOW UND KÖNIG, 1990). Auch die hohen individuellen und nicht vorhersagbaren Variationen machen es wenig praktikabel, die Ferkelanzahl durch Induktion von Superovulationen zu erhöhen.

Eine Züchtung auf hohe Ovulationszahlen ist möglich und die Heritabilität beträgt etwa 0,10 bis 0,15 (CUNNINGHAM ET AL., 1979; LAMBERSON ET AL., 1991; HANENBERG ET AL., 2001; ROSENDO ET AL., 2007). Eine Selektion auf die Anzahl Gelbkörper (Corpora lutea; CL) über 11 Generationen ergab beispielsweise eine Steigerung von 14,0 auf 20,5 CL (+6,5). Die Anzahl Feten, ermittelt am 50. Trächtigkeitstag (TT), erhöhte sich von 10,8 auf 13,6 (+2,8), die Anzahl der lebend geborener Ferkel jedoch nur von 9,9 auf 10,7 (+0,8; JOHNSON ET AL., 1999). Obwohl züchterisch die Anzahl Ovulationen je Brunst über mehrere Generationen um 10 bis 28% (1,5 bis 3,9 CL) erhöht werden konnte, war die Wurfgröße nur mäßig (8 bis 10%) beeinflusst (CUNNINGHAM ET AL., 1979; JOHNSON ET AL., 1981; KELLY ET AL., 1988; LAMBERSON ET AL., 1991; RUIZ-FLORES UND JOHNSON, 2001).

In der Literatur variieren die Angaben zur Höhe der embryonalen Mortalität. Während KOLB (1980) von einer Sterblichkeitsrate von 20–35% der potentiellen Wurfgröße ausgeht, stellten POPE UND FIRST (1985) unter Beachtung des Trächtigkeitstages erhöhte Werte mit bis zu 50% fest (vgl. Tab. 3). Diese hohen Werte, die die Höhe der Saugferkelverluste übertreffen, werden durch eine Vielzahl anderer Autoren bestätigt (HANLY 1961; PERRY UND ROWLANDS, 1962; HEAP, 1979; MICHEL ET AL., 1976; HÜHN UND KÖNIG, 1980; LUTTER ET AL., 1981; HÜHN ET AL., 1984; SCHNURRBUSCH, 2002). Bis zum 30. Trächtigkeitstag wird von der

embryonalen Mortalität gesprochen (ASHWORTH, 1998). GLODEK (1992) definiert die Länge der Embryonalperiode bis zum 35. Trächtigkeitstag. Bis zu diesem Zeitpunkt absterbende Embryonen werden aufgelöst und resorbiert. Abgänge im späteren Verlauf der Trächtigkeit, in der Fetalperiode, werden als fetale Verluste definiert. LAMBERT et al. (1991) konnten in ihren Untersuchungen einen Wert von 3% Fetalverlusten nachweisen, während bei VAN DER LENDE ET AL. (2001) dieser Wert etwas höher bei 3–8% liegt.

Tab. 3: Embryonale und fetale Mortalität in Abhängigkeit zum Trächtigkeitstag (nach POPE UND FIRST, 1985)

| **Trächtigkeitstag** | **embryonale Mortalität (%)** | **Minimum (%)** | **Maximum (%)** |
|---|---|---|---|
| 2 - 9 | 11,5 | 1 | 22 |
| 9 - 18 | 30,1 | 17 | 52 |
| 25 | 31,5 | 17 | 45 |
| 25 - 40 | 36,9 | 35 | 39 |
| **fetale Mortalität (%)** | | | |
| 40 - 60 | 34,1 | 23 | 47 |
| 70 | 50,0 | - | - |
| 105 | 35,0 | - | - |
| Geburt | 37,6 | 25 | 46 |

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die evolutionäre Strategie beim Schwein darauf ausgerichtet zu sein scheint, eine große Anzahl von Nachkommen anzulegen und diese in Abhängigkeit von den maternalen und Umweltressourcen auf ein mögliches Maß zu reduzieren. Somit erscheint beim Schwein eine Verlustrate von 10-20% als normal und evolutionsstrategisch optimal (EDWARDS, 2002).

Die Ursachen für embryonale Verluste sind vielfältig. So können die Anzahl der Embryonen im Uterus, die Diversität in der Embryonenentwicklung, Gendefekte, der Genotyp, der hormonelle Status der Sau, die Uterusfunktion, der Ernährungsstatus der Sauen, Managementfaktoren und auch Stress Einfluss auf die Höhe der embryonalen Verluste haben (ASHWORTH, 1998).

## 2.2 Die embryonale/fetale Phase

Die Entwicklung der Eizellen bis zur Einbettung der Embryonen ist ein endo- und exogenen Einflüssen gegenüber sehr sensibler Zeitraum. Nach der Befruchtung durchlaufen die Zygoten mehrere Entwicklungsstufen bis hin zur Blastozyste am Tag 7 p.c. (Tab. 4). Die zeitlichen und zytologischen Details der Befruchtung und frühen Embryoentwicklung beim Schwein sind durch HUNTER (1974) gründlich beschrieben worden. Nach der Ovulation der Eizellen im Entwicklungsstadium Metaphase II werden die Oozyten durch den Eileitertrichter und die Eileiterampulle transportiert (OXENREIDER UND DAY, 1965; ALANKO, 1974). Der Transport der Eizellen zum Ort der Befruchtung (Ampulle Isthmus-Verbindung, AIV) ist schnell (30-45min, ANDERSEN, 1927; ALANKO, 1965) und die initiale Transportgeschwindigkeit wurde mit 76 mm/h berechnet (BRÜSSOW, 1985). Die frühe Embryonalentwicklung bis zum 4-Zellembryo erfolgt im Eileiter. Befruchtete Eizellen (Zygoten mit zwei Polkörpern) können bereits 5-8h nach der Ovulation in der AIV und im Isthmus beobachtet werden und diese verbleiben für eine längere Zeit (bis 26h) im Einzellstadium. Das 2-Zellstadium ist nur von kurzer Dauer (6-8h) und innerhalb weiterer 6-8h entwickeln sie sich zum 4-Zellembryo. Mehrheitlich im 4-Zellstadium verlassen die Embryonen den Eileiter 50-60h nach der Ovulation (HANCOCK, 1961; ALANKO, 1974; HUNTER, 1974; BRÜSSOW, 1985) und verbleiben anschließend bis zum 6./7. Tag p.c. in den Uterushornspitzen. Danach beginnt die Migration durch das gesamte Lumen des Uterus.

Tab. 4: Entwicklungsstadien befruchteter Eizellen

| Tag p.c. | Stadium |
|---|---|
| 1 | ungefurcht (bis zur 1. Teilung ca. 20 - 24 h) |
| 2 | Zygote: 2 – Zellembryo |
| 3 | 2 – Zell- bis 4 – Zellembryo |
| 4 | 4 - Zell- bis 8 – Zellembryo<br>Embryonen im Uterus |
| 5 | Morula - Blastozyste |
| 6 | geschlüpfte Blastozyste |
| 7 - 11 | elongierte Blastozyste |
| 13 - 15 | Implantation |
| bis 30 | Embryo |
| ab 30 | Fetus |

Dieser scheinbar ungerichtete Vorgang (random movement) der gleichmäßigen Verteilung der Blastozysten ist bis zum 12./13. Tag p.c. abgeschlossen. Dabei wird stets der größtmögliche Abstand zwischen den Embryonen eingehalten. Der Migration der Embryonen kommt eine

wesentliche Bedeutung zu. Bleibt bis zum 12. Trächtigkeitstag ein bedeutender Teil des Uterus (etwa 50%) "unbesetzt", wird die Trächtigkeit abgebrochen. Beträgt der Anteil ungenutzter Fläche etwa 25%, wird die Trächtigkeit in 20-30 % der Fälle erhalten. Sinkt der Anteil an frei bleibender Uterusfläche auf etwa 1/8 der Gesamtfläche, so wird die Trächtigkeit in bis zu 60% aller Fälle fortgesetzt. Ein Abbruch der Trächtigkeit tritt gleichwohl ein, wenn die Gesamtanzahl an Embryonen lediglich bei vier bis fünf liegt (MICHEL ET AL., 1976; DZIUK, 1985). Die Platzierung der Embryonen im Uterus hat entscheidenden Einfluss auf den Verlauf ihrer Entwicklung. Den Embryonen an der Hornspitze steht bis zum 25. Trächtigkeitstag der meiste Platz zur Verfügung. Föten, die in der Mitte platziert sind, haben vergleichsweise weniger Platz und weisen somit meist geringere Geburtsmassen auf als ihre Geschwister (DZIUK, 1985).

Die wichtige Phase der Nidation der Blastozysten erfolgt in den Tagen 12 bis 20 p.c.. Dieser Zeitraum ist eine, endo- und exogenen Einflüssen gegenüber, sehr sensible Phase der gegenseitigen Wechselwirkung zwischen Embryo und dem mütterlichen Endometrium. Nach der Nidation hängt das weitere Überleben der Embryonen davon ab, inwieweit sie vom maternalen Organismus erkannt werden. Spätestens vor dem Zeitpunkt der zyklischen Regression der Gelbkörper (c.l.) müssen die dafür notwendigen Signale vom Embryo zur Wirkung gekommen sein. Ab dem 12. Trächtigkeitstag beginnt der Embryo zu elongieren (bis zu 100cm, bei einer Breite von 2-5mm), die Aromatase - Aktivität setzt ein und der Embryo beginnt selbst Östrogene zu synthetisieren und zu sezernieren. Diese, im Vergleich zu anderen Säugetieren (Tab. 5), frühzeitig erhöhte Östrogenproduktion kann als das frühembryonale Signal für das Muttertier verstanden werden.

Tab. 5: Zeitpunkt der die Gravidität aufrechterhaltenden frühembryonalen Signale (nach HOFFMANN, 1994 in DÖCKE, 1994)

| **Spezies** | **Frühembryonales Signal - Trächtigkeitstag** |
|---|---|
| Schwein | 12 |
| Pferd | 14 – 16 |
| Schaf | 12 – 13 |
| Rind | 16 –17 |

Mit der Nidation ist die Verteilung der Embryonen im Uteruslumen abgeschlossen. Das Spacing - die Aufteilung des zur Verfügung stehenden Platzangebotes - beginnt. Dadurch bedingt vergrößert sich der Uterus und passt sich dem Wachstum der Embryonen an. Nach erfolgreicher Nidation ist ein unbesetzter Teil des Uterus nicht mehr trächtigkeitgefährdend. Im weiteren Verlauf der Trächtigkeit kann durch das spätere Absterben einzelner Früchte der

Abstand zwischen Embryonen stark variieren, weil nach erfolgter Einbettung der zusätzliche frei gewordene Platz nicht mehr besetzt werden kann.

Die Embryonen ordnen sich in Längsrichtung an. Die Verbindung mit der Uterusschleimhaut ist relativ lose. Kommt es im Verlauf der intrauterinen Entwicklung zu einer Trennung dieser Verbindung sterben die Früchte ab. Sie degenerieren zu Steinfrüchten oder Mumien. Diese können im weiteren Verlauf Anlass für Geburtsstörungen sein.

## 2.3 Uteruskapazität (uterine capacity)

Der Begriff der Uteruskapazität wird definiert als das Vermögen des Uterus für eine begrenzte Anzahl an Ferkeln für die Dauer der Trächtigkeit ausreichend Nährstoffe und Platz zu Verfügung zu stellen (FENTON ET AL., 1970 und 1972; LEYMASTER ET AL., 1986; CHRISTENSON ET AL., 1987 und 1993). VALLET UND FREKING (2006) erweitern den Begriff der "uterine capacity" und beschreiben diese als die Kombination des Vermögens des Uterus und der Plazenta Nährstoffe bereit zu stellen und das Vermögen der Feten, diese Nährstoffe in Wachstum und Entwicklung umzusetzen.

Untersuchungen zu diesem Themenkomplex wurden bereits 1966 durchgeführt. FALKNER (1966) zeigte, dass zwischen dem Geburtsgewicht der Ferkel und der Masse der Plazenta relevante Zusammenhänge bestehen. FENTON ET AL. (1972) untersuchten das Merkmal der Uteruskapazität und ihre Auswirkung auf die embryonale Sterblichkeit an Jungsauen der Rasse Duroc und Yorkshire, indem sie am 7. Tag der Trächtigkeit zusätzliche Embryonen implantierten. Sie unterschieden drei Versuchsgruppen, Gruppe A als Kontrolle, Gruppe B mit einem Spender und Gruppe mit 2 Spendern an Embryonen. Den Tieren der Gruppe B wurden im Mittel 11,9 und den Tieren der Gruppe C wurden im Mittel 20,0 Embryonen zusätzlich implantiert. Somit betrug die Anzahl an Embryonen am 7. TT in Gruppen 14,8, 25,5 und 34,7. Nach Schlachtung der Tiere am 21. TT wurde deutlich, dass die Anzahl an lebenden Embryonen in den Gruppen B und C vergleichbar war. Die embryonale Mortalität war demzufolge größer je mehr Embryonen implantiert wurden. In Gruppe B wurden insgesamt 14,6, davon 12,1 lebende und zusätzliche 2,5 degenerierte Embryonen gefunden. In Gruppe C wurden ebenfalls insgesamt 14,6 Embryonen gefunden, davon 11,6 lebend und zusätzlich 3,0 degenerierte. In der Kontrollgruppe traten die geringsten Verluste auf. Ausgehend von den 14,8 potentiellen Embryonen wurden 11,8 am 21. TT gefunden, 11,2

davon lebend und lediglich 0,6 degenerierte Embryonen. Die Ergebnisse der Jungsauen wurden im Komplex und nicht nach ihrer Genetik ausgewertet. RAMPACEK ET AL. (1975) untersuchten hingegen genetische bedingte Unterschiede zwischen einzelnen Rassen. In einem Versuch mit Sauen der Rassen Duroc, Yorkshire und mit Kreuzungstieren konnte er Unterschiede nachweisen, die auf die Genetik zurückzuführen sind. Dabei erzielten die Kreuzungstiere nach einer zusätzlichen Transplantation von Eizellen die besten Resultate. Am 25. Tag p.c. betrug der Verlust an Embryonen bei den Kreuzungssauen 29,5%, im Vergleich zu Verlustraten bei Duroc mit 40,8% und bei Yorkshire mit 31,9%.

Eine weitere Methode die Uteruskapazität zu untersuchen ist, die Größe des Uterus in Experimenten zu verändern. Eine Methode ist die einseitige Entfernung von Uterushorn und Eierstock (unilateral hysterectomy ovariectomy - UHO). Auf diese Weise wird der zur Verfügung stehende Platz verringert, ohne die Anzahl potentieller Embryonen zu beeinflussen. Mit Hilfe der UHO ist eine direkte Selektion auf eine erhöhte Uteruskapazität möglich. CHRISTENSON ET AL. (1987) züchteten auf diese Weise eine Linie. Durch die strenge Selektion hinsichtlich einer erhöhten Uteruskapazität wurde über den Verlauf von 11 Generationen die Anzahl insgesamt geborener Ferkel um eins erhöht. Das durchschnittliche Geburtsgewicht der Ferkel blieb dabei konstant. FENTON ET AL. (1970) nutzen ebenfalls die Methode der UHO. Die Untersuchungen wurden in den Jahren 1967 (Versuch 1) und 1968 (Versuche 2 und 3) mit Jungsauen der Rasse Duroc und Yorkshire an den Trächtigkeitstagen 25 und 105 durchgeführt. Die Ergebnisse wurden nicht nach Rassen getrennt ausgewertet. Zum 25. TT zeigt sich zwischen den Jungsauen der Kontrollgruppe und den Jungsauen der UHO Gruppe kein Unterschied in der Höhe der embryonalen Mortalität. Die Jungsauen der UHO Gruppe konnten den Nachteil nur eines Eierstockes ausgleichen und wiesen sogar eine leicht erhöhte Anzahl an Gelbkörpern auf. Am 105. TT war die Anzahl der Gelbkörper nahezu identisch (vgl. Tab. 6). Es zeigen sich aber signifikante Unterschiede in der Höhe der fetalen Verluste. FENTON ET AL. (1970) kamen zu dem Schluss, dass die Uteruskapazität erst nach dem 25. TT limitierend wirkt.

Tab. 6: Ausgewählte Untersuchungsergebnisse (nach FENTON ET AL., 1970)

| **Parameter** | **Kontrollgruppe** | **Versuchsgruppe (UHO)** |
|---|---|---|
| *Gruppe 25. TT* | | |
| Anzahl c.l. (n) | 13,7 | 14,5 |
| Summe an Embryonen (n) | 9,9 | 9,9 |
| lebende Embryonen (n) | 9,3 | 8,7 |
| *Gruppe 105. TT* | | |
| Anzahl c.l. (n) | 12,8 | 12,9 |
| Summe an Feten (n) | 9,9 | 5,5 |
| lebende Feten (n) | 9,6 | 5,5 |

Nach VALLET (2000) wirkt die Uteruskapazität ab dem 30. Trächtigkeitstag limitierend. Untersuchungen an drei Linien (Kontrolllinie, eine Linie selektiert hinsichtlich hoher Anzahlen von Ovulationen und eine Linie selektiert hinsichtlich hoher Uteruskapazität) bestätigen Unterschiede im Hinblick auf die Höhe der embryonalen und fetalen Mortalität, gemessen an den Trächtigkeitstagen 25, 45 und 105. Insbesondere zwischen der Kontrolllinie und der auf Uteruskapazität selektierten Linie bestehen die Unterschiede zum 45. TT und 105. TT. In der Kontrolllinie sind die Verluste, die embryonalen wie die fetalen, höher. In der Linie mit auf eine hohe Anzahl an Ovulationen selektierten Tieren sind die Verluste am höchsten. Die Anzahl Ferkel je Uterushorn ist am 105. TT mit 7,2 an niedrigsten, gefolgt von den Sauen der Kontrolllinie mit 8,0. Die Sauen mit der höheren Uteruskapazität erreichen 8,45 Ferkel je Uterushorn. Ähnliche Ergebnisse wurden von DAY ET AL. (1967), LONGENECKER UND DAY (1968) sowie BAZER ET AL. (1969b) und POPE ET AL. (1972) publiziert. In ihren Studien wurde jeweils die Anzahl an potentiellen Embryonen, entweder durch Embryotransfer oder durch eine Steigerung der Anzahl Ovulationen, erhöht. Im Ergebnis wurde zum 30. TT ebenfalls eine Erhöhung der Anzahl lebensfähiger Embryonen festgestellt. Weiterführende Untersuchungen von BAZER ET AL. (1969a und b) und von JOHNSON ET AL. (1984) kommen jedoch zu dem Ergebnis, dass der Vorteil durch eine hohe Anzahl potentieller Embryonen bis zum Ende der Trächtigkeit verloren geht. Das hohe Niveau kann nicht in hohe Wurfgrößen umgesetzt werden.

### 2.3.1 Einflussfaktoren auf die Uteruskapazität

Drei wesentliche Faktoren, ausgehend entweder vom Uterus, von der Plazenta oder vom Fötus, können einen Einfluss auf die Uteruskapazität ausüben. In Untersuchungen von VALLET UND FREKING (2006) wurde beobachtet, dass das Platzangebot im Uterus – maßgeblich bestimmt durch die Anzahl Embryonen – Auswirkungen auf die uterine Proteinsekretion und auf die Bildung von Blutgefäßen hat. Die Uterusgröße weist eine hohe Varianz auf. Im Verstehen dieser Varianz sehen VALLET UND FREKING (2006) mögliche Ansätze, dieses Merkmal züchterisch zu nutzen und zu verbessern.
Untersuchungen von Young et al. (beschrieben in VALLET UND FREKING, 2006) belegen, dass eine Selektion auf Uteruskapazität einhergeht mit einer Veränderung in Länge und Gewicht der Uterushörner bei präpubertalen Sauen sowie einer Erhöhung der Hämatokritwerte der Feten. Der Hämatokritwert zeigt die Konzentration der roten Blutkörperchen an. Andere Untersuchungen der Arbeitsgruppe um Vallet zeigen zudem leichte Unterschiede in der Entwicklung der Leber der Feten in der auf Uteruskapazität selektierten Linie.

#### 2.3.1.1 Einfluss der Rasse auf die Uteruskapazität

Trotz ähnlich großer Uteri im Vergleich zu europäischen Schweinen realisieren Sauen der Rasse Meishan bei niedrigeren Geburtsgewichten der Ferkel eine bessere Wurfleistung (GEIPEL, 2004). Nach BIENSEN ET AL. (1998) ist die Ursache hierfür in einer verbesserten Durchblutung der Plazenten zu sehen. Unterschiede bestehen bereits in der Entwicklung der Blastozysten. Diese entwickeln sich bei Sauen der Rasse Meishan langsamer und verlängern sich in weniger Zellen und zu einem geringeren Maße als die europäischer Sauen (ANDERSON ET AL., 1993; RIVERA ET AL., 1996; WILSON UND FORD, 1997; BIENSEN ET AL., 1998). Im Vergleich zu europäischen Rassen wurde bei Meishansauen im Uterus eine geringere Sekretion von Proteinen, von Uteroferrin, des Retinol – Binding – Proteins (BAZER ET AL., 1991; FORD UND YOUNGS, 1993; VALLET ET AL., 1998) und des IGF-1 (WILSON UND FORD, 1997) gefunden. Dieser Unterschied führt zu einem geringeren Wachstum der Blastozysten. VALLET UND FREKING (2006) sehen den Grund für eine höhere Anzahl insgesamt geborener Ferkel zum großen Teil in einer besseren Uteruskapazität. ANDERSON ET AL. (1993) belegen in ihren Untersuchungen, dass sich die Embryonen von Meishansauen langsamer entwickeln als Embryonen europäischer Rassen. Unterschiede bestehen in der Größe von Plazenta und Fetus über mehrere Stadien der Trächtigkeit. Plazenten als auch Feten von Meishan sind kleiner.

Diese Unterschiede in der Trächtigkeit gehen einher mit einer reduzierten uterinen Proteinsekretion (VALLET ET AL., 1998). Nach VALLET UND FREKING (2006) besteht somit ausgehend von den Meishan eine Möglichkeit die Uteruskapazität der europäischen Rassen zu verbessern darin, das Wachstum der Feten und Plazenten zu verlangsamen, indem weniger Nährstoffe zur Verfügung gestellt werden.

Unterschiede bei der Längen- und Gewichtsentwicklung des Uterus in der frühen Trächtigkeit zwischen Sauen der Deutschen Landrasse und der Ungarischen Mangalitza, die nachweislich eine geringere Fruchtbarkeit haben, sind ebenfalls dokumentiert (BRÜSSOW ET AL., 2004). So war die Uterushornlänge bei den Mangalitza kürzer als bei der Landrasse (124±5 vs. 188±8cm, $p<0,01$). Es erfolgte vergleichsweise kein messbares Wachstum des Uterus innerhalb der ersten 24 Trächtigkeitstage und die Gewichtsentwicklung erfolgte später.

FORD ET AL., YOUNGS ET AL. (beide 1994) und FORD (1997) untersuchten den Einfluss der Rasse des Embryos auf die Uteruskapazität bei Jungsauen der Rassen Meishan und Yorkshire. In Versuchen implantierten sie Embryonen der jeweils anderen Rasse entweder in die Uteri von Meishan- oder Yorkshiresauen. Zur Kontrolle wurden konventionell besamte Jungsauen aufgestellt. Am 30. TT waren die Embryonen in den Uteri von Meishansauen kleiner, unabhängig von der Rasse des Embryos. Am 90. TT wurden die Gewichte der Plazenten und der Feten erhoben. WILSON ET AL. (1998) berichten, dass sowohl die Gewichte der Plazenten als auch der Feten in den Meishan leichter und kleiner waren als die in den Yorkshiresauen. Wiederum konnte kein Einfluss der Rasse des Embryos festgestellt werden. Ein signifikanter Einfluss der Rasse der Sau konnte nur für Feten aufgewachsen im Uterus von Yorkshiresauen festgestellt werden. Am Ende der Trächtigkeit hatten die Ferkel der Rasse Meishan, aufgewachsen in Uteri von Yorkshiresauen, zwar geringere Plazentagewichte aber vergleichbare Körpermassen WILSON ET AL. (1998).

#### 2.3.1.2 Einfluss der Feten und ihrer Entwicklung

Die Entwicklung der Feten beeinflusst die Uteruskapazität (VALLET, 2000). Sichtbar ist dies am Beispiel der Rasse Meishan. Die Wachstumsraten der Feten sind über den gesamten Verlauf der Trächtigkeit verlangsamt. Dies führt zu einem geringeren Anspruch an Nährstoffen pro Zeiteinheit, die durch den Uterus und die Plazenta bereitgestellt werden müssen, und führt womöglich auch zu verbesserten Überlebensraten der Feten im Vergleich zu europäischen Rassen (CHRISTENSON, 1993; BIENSEN ET AL., 1998; WILSON ET AL., 1998). Ein Problem ist der unterschiedliche Anspruch der Feten an Nährstoffe im Verlauf einer Trächtigkeit. Es gibt sensible Phasen (VALLET, 2000). Diese wurden in verschiedenen Experimenten durch die künstliche Erhöhung der Embryonenzahl, was einen „Gedrängefaktor“ hervorrief, nachgewiesen. KNIGHT ET AL. (1977) verwendeten die Methode der UHO und dokumentierten die Ergebnisse zur embryonalen und fetalen Mortalität für den Verlauf einer Trächtigkeit an Jungsauen. Die erhöhte Anzahl an Embryonen konnte bis zum 30. TT aufrechterhalten werden. Erst ab dem 40. TT stieg die Mortalitätsrate an und führte dazu, dass der Vorteil der erhöhten Anzahl an Embryonen verloren ging. VALLET UND CHRISTENSON (1993) banden ein Uterushorn ab und bestimmten die embryonale Mortalität in dem beengten und den geräumigen Uterushörnern. Am 25. TT wurden keine Unterschiede sichtbar; ab dem 35. TT stieg die embryonale Mortalität im beengten Uterushorn signifikant an. CHEN UND DZIUK (1993) variierten ebenfalls durch Abbinden der Uterushörner den zur Verfügung stehenden Platz. Sie reduzierten das Platzangebot bis auf 5 cm je gefundenen Gelbkörper. In diesem Fall war die embryonale Mortalität mit bis zu 77% sehr hoch. Eine Steigerung des Platzangebotes auf 15 cm je Gelbkörper führte nur zu einer geringfügigen Verringerung der embryonalen Mortalität auf Werte zwischen 14% und 54%. Die Höhe der embryonalen Mortalität wurde in vielen weiteren Experimenten untersucht. Die Methoden variieren dabei von der Anwendung der UHO, über das Abbinden einzelner Abschnitte der Uterushörner, das Auslösen einer Superovulation bis hin zur Durchführung eines Embryotransfers. Ein Überblick zu diesen Experimenten ist in Tabelle 7 ersichtlich.

Tab. 7: Ausgewählte Ergebnisse von Untersuchungen zur embryonalen und fetalen Überlebensrate (verändert nach VALLET, 2000)

| **Autor** | **verwendete Methode** | **Trächtigkeits-tag** | **Effekt auf Überlebensrate (%)** |
|---|---|---|---|
| *Experimente zur Erhöhung der Anzahl Embryonen* | | | |
| Day et al.; 1967 | Superovulation | 25 | - 27 |
| Longenecker und Day, 1968 | Superovulation | 25 | - 16 |
| | | 40 | - 16 |
| Dziuk, 1968 | Superovulation und Embryotransfer | 18 – 100 | + 5 |
| Bazer et al., 1969a | Embryotransfer | 90 | -33 bis -53 |
| Bazer et al., 1969b | Embryotransfer | 25 | -24 |
| | | 105 | -33 |
| Pope et al., 1972 | Embryotransfer | 26 – 29 | - 1 |
| Johnson et al., 1984 | Selektion | 30 | -5 |
| | | 70 | -11 |
| Johnson et al., 1999 | Selektion | 50 | - 4 |
| | | Abferkelung | 0 |
| *Experimente zur Verringerung des Platzangebotes* | | | |
| Dziuk, 1968 | UHO | 18 – 100 | - 8 |
| | Abbinden | | + 5 |
| Fenton et al., 1970 | UHO | 25 | - 8 |
| | | 105 | - 32 |
| Knight et al., 1977 | UHO | 20 | + 1 |
| | | 30 | + 8 |
| | | 40 | - 41 |
| | | 50 | - 14 |
| | | 60 | - 18 |
| | | 70 | - 30 |
| | | 80 | - 42 |
| | | 90 | - 11 |
| | | 100 | - 18 |
| Christenson et al., 1987 | UHO | 86 | - 19 |
| | | Abferkelung | - 29 |
| Chen und Dziuk, 1993 | Abbinden | 17 (5 cm/c.l.) | - 54 |
| | | 23 (5 cm/c.l.) | - 58 |
| | | 29 (5 cm/c.l.) | + 66 |
| | | 35 (5 cm/c.l.) | - 77 |
| | | 41 (5 cm/c.l.) | - 71 |
| | | 17 (5 cm/c.l.) | - 22 |
| | | 23 (15 cm/c.l.) | - 14 |
| | | 29 (15 cm/c.l.) | - 33 |
| | | 35 (15 cm/c.l.) | - 54 |
| Vallet und Christenson, 1993 | Abbinden | 25 | - 16 |
| | | 35 | - 67 |
| Vallet und Christenson, 1994 | UHO | 45 | - 24 |
| Pearson et al., 1998 | UHO | 24 | + 0,5 |
| | | 30 | - 7 |
| | | 40 | - 18 |

## 2.4 Plazentaeffizienz

Nach LEDUC (1972) unterliegt das Wachstum der Plazenten Grenzen, so dass eine Versorgung der Feten mit Nährstoffen nur durch eine verbesserte Durchblutung der Plazenten gewährleistet werden kann. LEGAULT ET AL. (1998) konnten für diese Größe genetische Unterschiede nachweisen. Die Uteri von Sauen der Rasse Meishan sind mehr mit Blutgefäßen durchzogen als die europäischer Rassen (BIENSEN ET AL., 1998; WILSON ET AL., 1999). Dies scheint der Grund zu sein, weshalb die Feten trotz kleinerer Plazenta überleben. Zudem ist der Bedarf an Nährstoffen für kleinere Ferkel geringer. VONNAHME ET AL. (1999) konnten in ihren Untersuchungen als Grund für die bessere Durchblutung einen erhöhten Gehalt an VEGF feststellen. WILSON ET AL. (1999) definieren in diesem Zusammenhang den Begriff der Plazentaeffizienz. Dieses Merkmal wird definiert als der Quotient aus Fetengewicht in g und Plazentagewicht in g und gibt an, wie viel g Fetus durch wie viel g Plazenta ausreichend mit Nährstoffen versorgt werden können. Die Durchblutung der Plazenta ist dabei von entscheidender Bedeutung. Die Merkmale Plazentaeffizienz und Durchblutung sind eng miteinander korreliert (VONNAHME ET AL., 1999). WILSON ET AL. (1999) selektierten hinsichtlich des Merkmals der Plazentaeffizienz. Dies führte zu verbesserten Wurfgrößen und somit scheinbar zu einer gleichfalls verbesserten Uteruskapazität. VALLET (2000) untersuchte die Gewichte der Plazenten und der Feten zum 105. TT. Untersuchungsgegenstand war eine Sauenpopulation zur Hälfte Meishan und die andere Hälfte Kreuzungssauen nach einer UHO. Ab einem Plazentagewicht von mehr als 200g besteht kein Zusammenhang zwischen Plazenta- und Fetengewicht. Vielmehr nimmt mit zunehmender Varianz der Fetengewichte auch die Varianz der Plazentagewichte zu. Im Ergebnis des Versuches stellt VALLET (2000) fest, dass unterhalb eines Plazentagewichtes von 200g, wenn die Transportaktivität der Plazenta der begrenzende Faktor wird, das Fetengewicht das geeignetere Merkmal zur Bestimmung der Plazentaeffizienz ist. Ist das Plazentagewicht über 200g, kann sie dem Fetus mehr Nährstoffe zur Verfügung stellen als gebraucht werden. Als Ursache für die zunehmende Varianz der Feten- und Plazentagewichte sieht VALLET (2000) entweder den zunehmenden Einfluss des Fetus mit Fortschreiten der Trächtigkeit oder andere externe Umweltfaktoren. Andere Untersuchungen von WILSON ET AL. (1999) haben ergeben, dass in dem Maße, wie die Größe der Plazenta ansteigt, die Effizienz derselben abnimmt. Diese Merkmale sind negativ miteinander korreliert. Nach VALLET (2000) ist unklar, worauf die erhöhte Wurfgröße der Versuchsgruppe B in Untersuchungen von WILSON ET AL. (1999) zurückzuführen ist. Er benennt als mögliche Einflussfaktoren eine eventuelle Verbesserung

der Plazentaeffizienz, Veränderungen in der Größe der Plazenta oder eine Veränderung der Dichte der Blutgefäße. Diese drei Merkmale korrelieren eng miteinander.

Als wichtiges Kriterium erweist sich das Verhältnis vom Geburtsgewicht des Ferkels sowie dem Gewicht der dazugehörigen Plazenta. WILSON et al. (1998) konnten in Untersuchungen feststellen, dass Sauen mit einem hohen Verhältnis zwischen dem Gewicht von Ferkel und Plazenta mehr Ferkel je Wurf erbrachten als Sauen mit einem niedrigeren Gewichtsverhältnis. Die Versuchsdaten sind Tabelle 8 zu entnehmen. PERE et al. (1997) wiesen nach, dass die uterine Kapazität limitiert ist und somit nur eine begrenzte Wurfmasse realisierbar ist.

Tab. 8: Geburtsmassen der Ferkel, Plazentagewichte und Gesamtwurfmasse bei Sauen mit unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Geburtsgewicht und Plazenta (nach WILSON ET AL., 1998)

| **Verhältnis Geb.-gew./ Plazentagew.** | **Plazenta-gewicht (kg)** | **Geb.-gew. d. Ferkel (kg)** | **Ferkel / Wurf** | **Gewicht je Ferkel und Plazenta (kg)** | **Gesamtwurf-masse (Plazenta + Ferkel) in kg** |
|---|---|---|---|---|---|
| hoch | 0,25 | 1,19 | 12,5 ± 0,7 | 1,44 | 18,04 |
| niedrig | 0,35 | 1,53 | 9,6 ± 0,5 | 1,88 | 18,03 |

Das Vermögen des Uterus fetales und plazentares Gewebe aufzubauen ist begrenzt. Genetisch fixiert ist dabei das Verhältnis von Geburtsmasse der Ferkel und Plazentagewicht. Eine Selektion allein nach dem Geburtsgewicht der Ferkel würde somit indirekt eine Selektion auf hohe Plazentagewichte bewirken (GEIPEL, 2004). Andererseits berichten VALLET UND FREKING (2006) davon, dass in ihren Untersuchungen keine Beziehung gefunden werden konnte zwischen dem Ferkelgewicht und dem Verhältnis von Feten- und Plazentagewicht. Zudem konnten keine Unterschiede zwischen den Plazenten der unterschiedlichen Linien (selektiert auf Uteruskapazität verglichen mit einer Kontrolllinie) gefunden werden.

Überlegungen nach einer Verbesserung der Uteruskapazität finden ihren ersten Ansatzpunkt in einer Veränderung der Größe des Uterus. CHEN UND DZIUK (1993) berichten über eine große Variation der Länge der Uterushörner bei Jungsauen. Dieses Merkmal ist korreliert mit der Wurfgröße (WU ET AL.; 1987; WU UND DZIUK, 1995). Ein direkter Zusammenhang besteht zwischen der Uterushornlänge, der Anzahl Embryonen und der Mortalitätsrate (MEYER, 1991). WU ET AL. (1989) untersuchten diesen Zusammenhang unter Berücksichtigung der Anzahl Gelbkörper. Die Ergebnisse des Versuches sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tab. 9: Embryonale Mortalität in Zusammenhang mit der Länge des Uterushorns und der Anzahl CL (WU ET AL., 1987)

| Anzahl CL | Würfe (n) | Feten (n) | Mortalitäts-rate (%) | Uterushorn-länge (cm) | Korrelation Mortalitätsrate und Uterushornlänge |
|---|---|---|---|---|---|
| ≤10 | 31 | 6,8 | 17,2 | 216 | - 0,36 |
| 10 - 14 | 150 | 9,6 | 22,3 | 262 | - 0,40 |
| 15 - 18 | 97 | 11,8 | 27,4 | 288 | - 0,55 |
| ≥ 18 | 42 | 13,5 | 34,2 | 309 | - 0, 60 |

Durch die große Variationsbreite für das Merkmal Uterushornlänge scheint eine Selektion auf dieses Merkmal sinnvoll (VALLET, 2000). YOUNG ET AL. (1996) schätzen hohe Heritabilitäten mit $h^2 = 0,5$. Für die präpubertale Uterushornlänge und die Uteruskapazität wurde eine genetische Korrelation von 0,64 errechnet. Phänotypisch betrachtet liegt die Korrelation lediglich bei 0,16 und kann auch die Variation im Wachstum oder den Umwelteffekt widerspiegeln. Nach YOUNG ET AL. (1996) ist eine strenge Selektion auf Uterushornlänge trotzdem sinnvoll und kann zu einer verbesserten Uteruskapazität führen.

Nach DZIUK (1985) verursacht jeder Fötus zwischen den Trächtigkeitstagen 10-30 ein Längenwachstum von 10cm. Als optimal wird dabei ein Platzangebot von 20cm je Embryo/Fetus angesehen (CHEN UND DZIUK, 1993). KNIGHT et al. (1977) bezeichnen diesen Abstand als Mindestraumangebot. Weniger als 10cm Platz am 10.Trächtigkeitstag führen im Verlauf der Trächtigkeit zum Absterben der Frucht (WU et al. 1989). Ab dem 30. Trächtigkeitstag spielt das Platzangebot im Uterus eine limitierende Rolle, da der Anspruch an Nährstoffe und Sauerstoff mit zunehmender Trächtigkeit ansteigt. Die Stoffwechselleistung sowie die Durchblutung der Plazenta gewinnen an Bedeutung. Ein erweitertes Platzangebot von mehr als 20cm je Fetus wirkt sich dabei nicht in größeren Ferkeln aus. Dagegen ist ein Abstand von 36cm zwischen den Embryonen elementar für ein Überleben der Feten über den 50. Trächtigkeitstag hinaus (WU ET AL. 1989). KOLB (1980) verweist auf eine Wuchskonkurrenz der Plazenten der einzelnen Feten untereinander. KNIGHT ET AL. (1977) entfernten in einem Experiment bei 44 Sauen zwischen dem 7. und 11. Zyklustag ein Uterushorn mit zugehörigem Eierstock (UHO). An dem verbliebenen Ovar wurden vermehrt Tertiärfollikel ausgebildet, wodurch die gleiche Anzahl Eizellen im Vergleich zur Kontrollgruppe (2 Ovarien) ausgebildet wurden. In Abhängigkeit vom Status der Trächtigkeit wurden die Tiere geschlachtet. Ausgewählte Ergebnisse dieses Versuches sind der Tabelle 10 zu entnehmen.

Tab. 10: Anzahl Gelbkörper, Anteil lebender und toter Früchte sowie der Anteil überlebender Feten bei Kontrollsauen (KS) und Versuchssauen (UHO) (nach KNIGHT ET AL., 1977)

| **Tag der Trächtigkeit** | **Anzahl CL** | | **Anzahl lebender Früchte** | | **Anzahl abgestorbener Früchte** | | **Anteil überlebender Feten** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *KS* | *UHO* | *KS* | *UHO* | *KS* | *UHO* | *KS* | *UHO* |
| 20 | 11,8 | 11,5 | 10,3 | 10,0 | | | 85,4 | 86,4 |
| 30 | 13,5 | 13,3 | 10,3 | 11,0 | 1,3 | 0,8 | 75,1 | 82,7 |
| 40 | 12,3 | 14,5 | 11,3 | 6,8 | 0,0 | 1,8 | 92,6 | 51,8 |
| 60 | 11,8 | 12,0 | 10,0 | 8,0 | 0,3 | 1,8 | 85,2 | 67,1 |
| 80 | 11,5 | 12,0 | 10,5 | 5,8 | 0,0 | 1,5 | 92,0 | 50,1 |
| 100 | 9,5 | 10,3 | 7,3 | 6,8 | 0,8 | 1,0 | 76,8 | 66,3 |
| ***Mittelwert*** | ***12,0*** | ***12,5*** | ***9,9*** | ***7,9*** | ***0,3*** | ***1,4*** | ***83,3*** | ***65,3*** |

Vom 30. Trächtigkeitstag an ist ein vermehrtes Absterben der Früchte bei den Versuchssauen zu verzeichnen. Dies ist durch die geringere zur Verfügung stehende Uterusfläche bedingt, welche wiederum das Wachstum der Plazenten einschränkt. Durch diese Limitierung ist die Versorgung mit Nährstoffen eingeschränkt. Dies wird in den Unterschieden hinsichtlich der Körpermasseentwicklung und der Kopf-Rumpflänge sichtbar. Feten der Sauen der Kontrollgruppe erreichen am 100. Trächtigkeitstag ein Körpergewicht von 878,5g bei einer Kopf-Rumpflänge von 26,6cm. Die Feten der Sauen in der Versuchsgruppe (UHO) erreichen demgegenüber lediglich eine Körpermasse von 709,5g bei einer Körpergröße von 24,4cm.

Der Verlauf in der Entwicklung der Embryonen und Feten hinsichtlich ihrer Gewichtszunahme und des Längenwachstums (angegeben in der Stirn-Steiß-Länge, SSL) ist der folgenden Tabelle 11 zu entnehmen. Das Wachstum der Embryonen und Feten geht zu Beginn der Trächtigkeit langsam voran. Die bedeutendste Gewichtszunahme erfolgt im letzten Drittel der Trächtigkeit speziell an den letzten Tagen der Gravidität.

Tab. 11: Körperliche Entwicklung der Embryonen und Feten in den ersten beiden Trimestern der Trächtigkeit

| **Alter** | **Gewicht in g nach RÜSSE UND SINOWATZ (1991)** | **SSL in cm nach RÜSSE UND SINOWATZ (1991)** | **SSL in cm nach IBEN UND SCHNURRBUSCH (1999)** |
|---|---|---|---|
| 18 | 1,0 - 1,1 | 0,6 - 0,7 | |
| 14 - 21 | 1,5 | | 1,5 |
| 28 | 1,8 - 2,0 | 2,5 - 2,9 | 3,0 |
| 28 – 35 | | | 3,0 |
| 35 - 40 | | | 5,4 |
| 43 | 4,4 - 4,7 | 6,4 | 5,0 – 6,5 |
| 49 | 7,4 | 8,9 | |
| 56 | 9,0 - 10,0 | 11,2 | |
| 63 | 13,0 - 14,0 | | 13,5 |
| 70 | 15,0 | 14,2 - 17,8 | |
| 84 | 17,0 | 20,7 | |

KOLB (1980) beschreibt als limitierenden Faktor für die Entwicklung der Feten eine unzureichende Durchblutung des Uterus. Diese kann nur in einem bestimmten Umfang erhöht werden. Mit steigender Anzahl an Feten sinkt die relative Bereitstellung von Nährstoffen und Sauerstoff ab. Statistisch gesicherte Zusammenhänge zwischen der Masse der Plazenta und der Feten sowie der Masse der Plazenta und dem Grad der Durchblutung wurden von WOOTTON ET AL. (1977) dokumentiert.

## 2.5 Perinatale Mortalität

Perinatale Verluste werden nach ihrem zeitlichen Auftreten in drei Kategorien unterteilt. Der ersten Klasse „ante partum“ werden die Ferkel zugerechnet, die kurz vor ihrer Geburt sterben. Die zweite Kategorie - „intra partum“ - gilt für Ferkel, die während der Austreibungsphase verenden. Der dritten Klasse - „post partum“ werden Ferkel zugerechnet, die kurz nach der Geburt sterben (BILLE ET AL., 1974; HÜHN, 2002; VAN DER LENDE ET AL., 2001). Die Höhe der Verluste differiert innerhalb der Klassen. WALDMANN (1995) unterteilt die perinatale Mortalität ebenfalls in drei Klassen, in die pränatale, intranatale und die postnatale Mortalität. Todesfälle, die ab dem 4. Lebenstag bis zum Absetzen der Ferkel auftreten, werden als Aufzuchtverluste bezeichnet.

### 2.5.1 Bedeutung des Geburtsgewichtes der Ferkel

Die Höhe der Geburtsmasse der Ferkel ist entscheidend für ihre Vitalität und somit auch für die Überlebenschance. Vitalität wird dabei definiert als die genetisch bedingte und durch Umwelteinflüsse modifizierte Lebensfähigkeit eines Individuums (BROCKHAUS, 2007). Als ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Vitalität dienen die Lebensdauer, die Überlebensrate sowie die Konkurrenzstärke und Widerstandskraft gegenüber ungünstigen Bedingungen. Eine Geburtsmasse von 1400g bietet gute Voraussetzungen für eine hohe Vitalität des Ferkels. Ein Geburtsgewicht von 900 - 1000g ist als Orientierungswert für eine Untergrenze in Bezug auf die Lebensfähigkeit anzusehen. Nach MEYER ET AL. (1976) kann der Anteil an in den ersten vier Wochen verendeten Ferkeln bei einer Geburtsmasse von weniger als 700g bis auf 72,4% ansteigen. Liegt das Geburtsgewicht bei 1200g und darüber, sinkt dieser Anteil auf 5-8% ab. MARCHANT (2003) wies in Praxisuntersuchungen nach, dass die Überlebensrate für die ersten 7 Tage bei einem Geburtsgewicht von 1000g lediglich 50% beträgt.

Die mittleren Ferkelmassen lagen in den 70er Jahren bei durchschnittlich 1250 - 1350g. Heute werden sowohl Jungsauen als auch Altsauen später, mit einer höheren Lebendmasse besamt. Die durchschnittlichen Geburtsgewichte der Ferkel sind um etwa 100g angestiegen. Das Geburtsgewicht ist abhängig von der Anzahl Wurfgeschwister sowie der Wurfnummer der Sau (WÄHNER, 2003).

Ferkel mit niedrigen Geburtsmassen erleiden zum Teil aufgrund ihrer mangelnden Vitalität Nachteile in Bezug auf die Erst- und spätere Kolostrumaufnahme. BÜNGER (2003) wies in diesen Zusammenhang nach, dass Ferkel, deren Nabelschnur zur Geburt bereits oder manuell durchtrennt wurde, Vitalitätsnachteile erfahren. Diese Ferkel brauchen signifikant mehr Zeit bis zum ersten Gesäugekontakt und somit zur ersten Kolostrumaufnahme.

Je nach Geburtsgewicht der Ferkel, Wurfgröße, Länge der Trächtigkeit, Überwachungsintensität der Abferkelung, Haltungsform sowie dem Ernährungszustand der Sau kann die Höhe der Verluste zwischen 3 und 15% variieren (KOLB, 2003; KLOCEK ET AL., 1992; VAN DER LENDE ET AL., 2001). VAN DER LENDE ET AL. (2001) beziffern die Verluste *ante partum* mit 10%. Diese Ferkel haben den Entwicklungsprozess bereits abgeschlossen und weisen daher meist höhere mittlere Geburtsmassen auf. HEINZE UND MENZEL (2006)

beschreiben den Anteil bereits vor der Geburt verendeter Ferkel mit <1%. Der größte Anteil an tot geborenen Ferkeln (91%) ist während der Geburt verendet. Die Angaben zum Anteil Ferkelverluste im Zeitraum kurz nach der Geburt variieren von 8% HEINZE UND MENZEL (2006) bis 15% (VAN DER LENDE ET AL., 2001).

Bei hohen Wurfgrößen sowie mit einer Zunahme der Geburtsdauer ist ein Ansteigen der Totgeburten zu verzeichnen. In Untersuchungen von RANDALL ET AL. (1972b) stieg der Anteil tot geborener Ferkel bei einer Abferkeldauer von mehr als 6h auf bis zu 30,4% an. Die Mehrzahl tot geborener Ferkel stammte in dieser Untersuchung aber aus Abferkelungen, die weniger als 4h gedauert hatten; der Prozentsatz lag dabei zwischen 3,7 und 9,7%. Auffällig ist der hohe Anteil an bereits zur Austreibung durchtrennter Nabelschnüre bei toten Ferkeln in der zweiten Hälfte der Abferkelung (VAN DER LENDE ET AL., 2001). RANDALL ET AL. (1972b) wiesen in Untersuchungen dagegen generell bei 93,6% der während der Abferkelung verendeten Ferkel bereits durchtrennte Nabelschnüre nach.

Die ersten drei Tage nach der Geburt der Ferkel sind besonders kritisch. Zwischen 50 – 80% der postpartalen Verluste entfallen auf diese Zeitspanne (NIELSEN ET AL., 1974; ENGLISH UND SMITH, 1975; VAILLANCOURT UND TUBBS, 1992). Einer der Hauptrisikofaktoren ist ein zu niedriges Geburtsgewicht (DAMMERT ET AL., 1974; MEYER ET AL., 1976; BÜNGER, 1985b; ELZE, 1985; HOY, ET AL., 1995). Dieses spielt eine große Rolle in Bezug auf die Vitalität und die somit verbundenen Überlebenschancen der Ferkel. MARCHANT (2003), vgl. Abbildung 3, zeigt die hohen Verlustraten, die mit einer niedrigen Geburtsmasse einhergehen. Praxiserhebungen bestätigen den Einfluss des Geburtsgewichtes auf die Vitalität des Ferkels und somit auf die Höhe der Saugferkelverluste (GROPPEL, 1998; HEINZE, 2003; HOY, 2003).

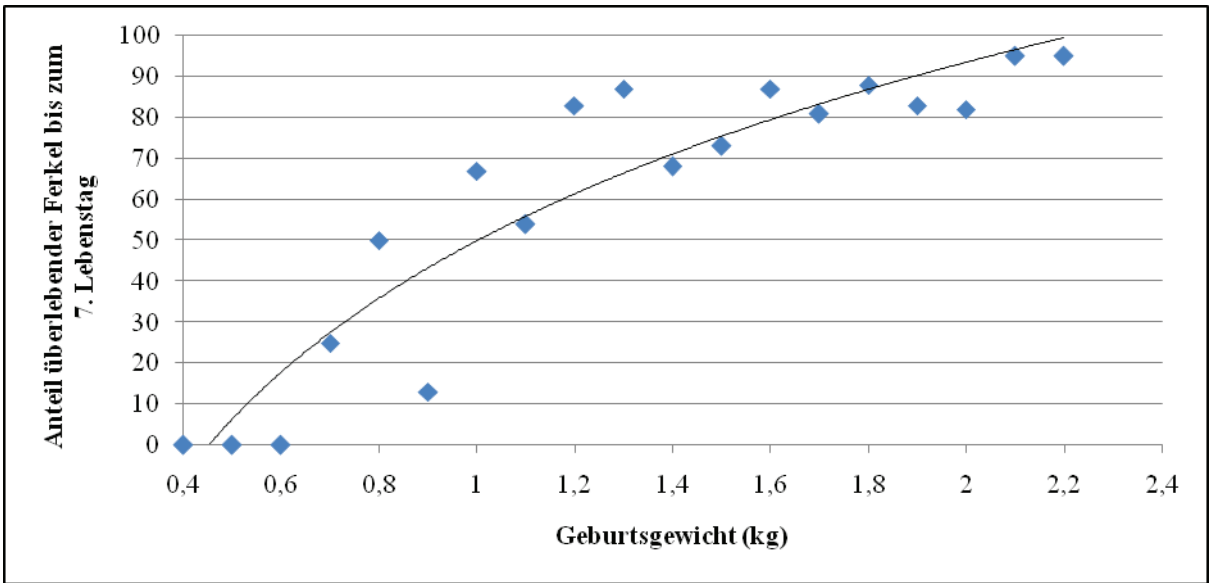



Abb. 3: Entwicklung der Ferkelverluste innerhalb der ersten 7 Lebenstage in Abhängigkeit zum Geburtsgewicht (MARCHANT, 2003)

Die tolerierbare untere Grenze für das Geburtsgewicht scheint bei 800 bis 1.000g zu liegen (SCHRÖDER, 2001). Die Austreibungszeit nimmt mit einem geringeren Geburtsgewicht ab.

Im Vergleich zu schwereren Wurfgeschwistern benötigen untergewichtige Ferkel mehr Zeit bis zum ersten Aufstehen, bis zum ersten Gesäugekontakt sowie zur Erstkolostrumaufnahme (BÜNGER, 2003). HOY ET AL. (1994) stellten zudem fest, dass bei Ferkeln mit einem Geburtsgewicht von unter 800g ein stärkerer Rückgang der Rektaltemperatur von bis zu 4,5°C nach 30min zu verzeichnen ist. Weiterhin haben leichte Ferkel geringere Muskelenergiereserven sowie einen geringeren Glykogenvorrat. Dadurch verringern sich die Überlebenschancen im Vergleich zu schwereren Wurfgeschwistern (ELZE, 1985). Es bestehen positive Beziehungen (r = 0,57) zwischen dem Geburtsgewicht der Ferkel und dem Glykogengehalt der Leber (MEYER ET AL. 1976). Jedoch hat die Leber bei untergewichtigen Ferkeln einen geringeren Körpergewichtsanteil als bei normalgewichtigen Ferkeln (WAGNER ET AL., 1982). Weil andere neonatale Energiequellen fehlen, erleiden besonders leichte Ferkel unter klimatisch ungünstigen Bedingungen Nachteile (JUNGHANS, 1992). Sauerstoffmangel während der Geburt kann zu einem kurzzeitigen drastischen Abbau an Leberglykogen führen. Von diesem Problem sind sowohl leichte als auch schwerere Ferkel betroffen, so dass das Geburtsgewicht allein keinen Rückschluss auf die Stoffwechsellage des Ferkels zulässt (VOLLHARDT, 1983; WESEMEIER, 1990).

### 2.5.2 Risikofaktor Sauerstoffmangel

Ein weiterer Faktor, der zu Verlusten führen kann, sind die Auswirkungen einer Asphyxie (Sauerstoffmangel durch Atemstillstand) und/oder einer Hypoxie (Sauerstoffmangel im Gewebe) bei Neugeborenen. Ein neugeborenes Ferkel hat kaum einen Vorrat an Sauerstoff. Der Zeitpunkt des Einsetzens der Atmung wird bestimmt durch den Anstieg des Partialdrucks an Kohlendioxid und dem gleichzeitigen Absinken des Sauerstoffpartialdrucks im Blut. Das Einsetzen der Atemtätigkeit ist entscheidend für die Vitalität der Ferkel. Beginnt das Ferkel mit der Atmung bereits vor Abschluss des Geburtsvorganges, kann es zur Aspiration von Mekonium und Fruchtwasser kommen (BILKEI, 1990; WALDMANN, 1995). Diese geschädigten Ferkel sind meist lebensschwach und leiden vermehrt unter Bewegungsstörungen. Weitere Gründe für eine ungenügende Sauerstoffversorgung sind eine gerissene Nabelschnur, das vorzeitige Lösen der Nachgeburt oder die Anämie des Muttertieres (GÜRTLER und BRENNER, 1979). Der natürliche Riss der Nabelschnur erfolgt etwa sieben Minuten nach der Geburt. Bei diesen Ferkeln ist die plazentare Transfusion gewährleistet. Nach BÜNGER (2003) sollte die Nabelschnur für mindestens zwei Minuten nach der Austreibung intakt sein. RANDALL (1971) stellte fest, dass unter den Verendeten und Totgeburten der Anteil an Neugeborenen mit gerissener Nabelschnur deutlich erhöht war. Untersuchungen von BÜNGER (2003) bestätigen Vorteile von Ferkeln mit einem natürlichen Riss der Nabelschnur gegenüber Ferkeln, bei denen die Abnabelung sofort nach der Geburt durch eine Ferkelwache erfolgte. Ferkel, die sofort abgenabelt wurden, benötigen signifikant mehr Zeit bis zum ersten Gesäugekontakt (ZGK) und bis zur ersten Kolostrumaufnahme (ZMA, Abbildung 4). Dieser Unterschied ist nach BÜNGER (2003) möglicherweise darin begründet, dass eine verringerte Erythrozytenmenge die Kompensationsmöglichkeiten für den durch die Austreibung erhöhten Säuregehalt im Blut verringert.

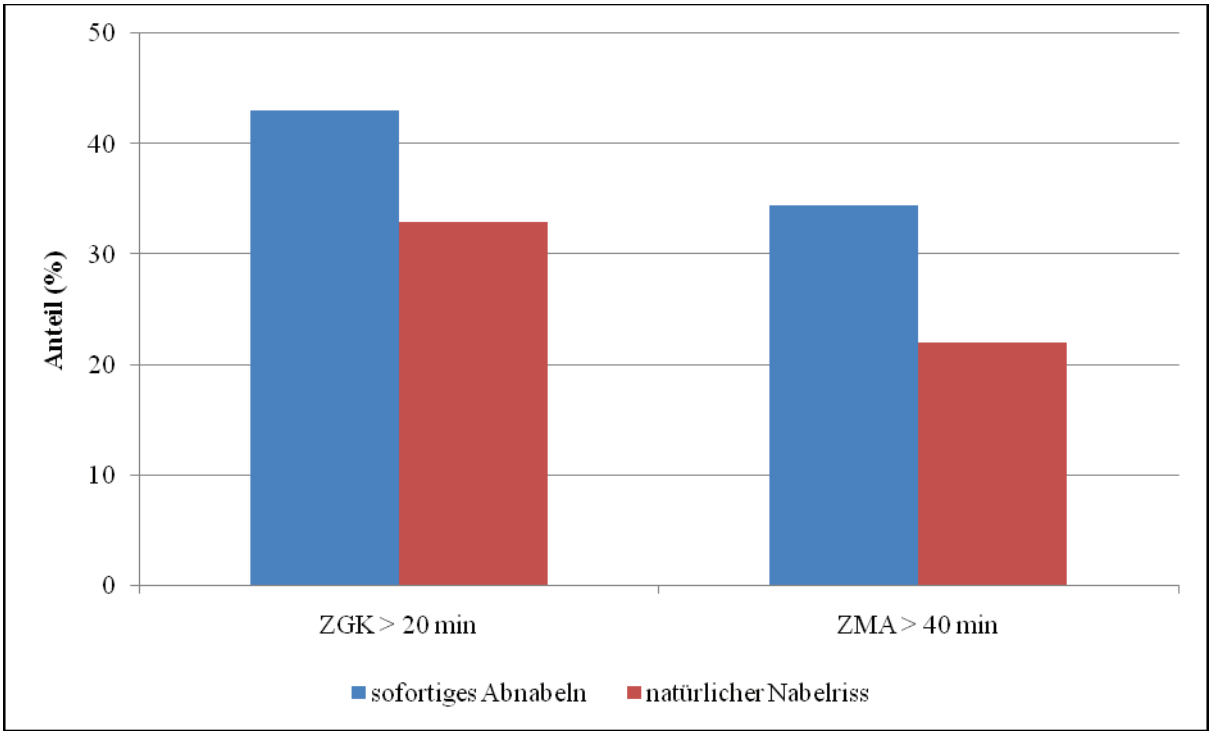



Abb. 4: Häufigkeiten von neugeborenen Ferkeln mit verzögertem Gesäugekontakt (ZGK>20min) bzw. einer verzögerten ersten Kolostrumaufnahme (ZMA>40 min) (nach BÜNGER, 2003)

### 2.5.3 Bedeutung der Vitalität

Die Parameter ZGK und ZMA bzw. die Zeit zwischen dem ersten Gesäugekontakt und der ersten Milchaufnahme (ZGK - MA) sowie die Zeit bis zum Riss der Nabelschnur dienen als quantitative Merkmale zur Bewertung der Vitalität der Ferkel. Nach BÜNGER ET AL. (1984) gelten als Grenzwerte für eine hohe Vitalität der Ferkel eine ZGK von 15min, eine ZMA von 40min, eine ZGK – MA von 20min und eine Zeit bis zum Riss der Nabelschnur von 10min. Ein Überschreiten dieser Werte geht mit einem Verlust an Vitalität einher. Allgemein wird Vitalität als die genetisch bedingte und durch Umwelteinflüsse modifizierte „Lebensfähigkeit“ eines Individuums definiert. BÜNGER (1983) beschrieb Vitalität als die Fähigkeit eines Individuums zu überleben, sein inneres Gleichgewicht stabil halten zu können sowie das genetisch determinierte Wachstum und seine Entwicklung unabhängig von Belastungen fortsetzen zu können. Eine Beurteilung der Vitalität kann nach ethologischen und nach physiologischen Parametern erfolgen (HOY ET AL., 1995). Kenngrößen zur ethologischen Beurteilung der Vitalität sind die Zeitdauer zwischen Geburt und erstem Aufstehen nach der Methode von JUNGHANS (1992) sowie die Zeitdauer zwischen Geburt und erstem Gesäugekontakt (ZGK) und der Zeitdauer zwischen Geburt und erster Kolostrumaufnahme

(ZMA) (BÜNGER, 1983). Physiologische Parameter sind zum Beispiel die Differenz der Rektaltemperatur nach der Geburt und 30min post natum sowie die Differenz der Rektaltemperatur unmittelbar nach der Geburt und 45 bzw. 60min post natum bzw. der individuelle Lebendmassezuwachs und Verluste lebend geborener Ferkel bis zum 7. Respektive 28. Lebenstag (HOY ET AL., 1995). BÜNGER (2003) ordnete relevante Einflussgrößen nach biologischen (Geburtsgewicht, Geburtsreihenfolge), züchterischen (Rasse) und pathophysiologischen (konnataler Jod- und Eisenmangel) sowie haltungs- und verfahrenstechnischen Faktoren (Gestaltung der Abferkelbucht, Abnabelungszeitpunkt). Beim Menschen wird zur Beurteilung der Vitalfunktionen Neugeborener der APGAR-Index verwendet. Unmittelbar nach der Geburt wird eine Untersuchung des Neugeborenen hinsichtlich **A**ppearance (Hautfarbe), **P**ulse (Herzfrequenz), **G**rimace (Reflexauslösbarkeit), **A**ctivity (Muskeltonus) und **R**espiration (Atmung) durchgeführt und mehrfach wiederholt (APGAR, 1953). RANDALL (1971) und DREIHSIG (1984) modifizierten diesen Index für die Vitalitätsbeurteilung von Ferkeln. In diesen Arbeiten wurden enge Beziehungen zwischen dem beschriebenen Index und labordiagnostischen Parametern des Säure-Basen Haushaltes dokumentiert. Demzufolge ist es möglich, nichtinvasiv den Grad einer Beeinträchtigung durch Asphyxie als unmittelbare Folge der Geburt zu bestimmen. Nach RANDALL (1971) können damit aber nur perinatal geschädigte Ferkel differenziert beurteilt werden, die nur ca. 10% der Neonaten betreffen.

#### 2.5.3.1 Einflussgrößen auf die Vitalität

##### 2.5.3.1.1 Biologische Faktoren

Das Geburtsgewicht als quantitativ erfassbares Merkmal dient der Beschreibung des intrauterinen Wachstums. Nach WÄHNER (2003) ist die Einzelferkelmasse zur Geburt in Höhe und Varianz das wesentlichste Kriterium zur Beurteilung der Wurfqualität. Das Geburtsgewicht ist prägend für das weitere Wachstum und die Entwicklung des Ferkels.

Ausgehend von der Tatsache, dass alles, was zu einer schnellen Aufnahme von Kolostrum führt, ein Anzeichen für Vitalität ist (PORZIG, 1976), wurde der Zeitpunkt des Aufstehens bzw. der Versuche Aufzustehen für einige Säugetierarten als Merkmal für Lebensfähigkeit beschrieben (LEADON ET AL., 1986; DE ROTH UND DOWNIE, 1976). RANDALL (1972a) beobachtete beim Schwein eine Zeitdauer von 1-2 Minuten für neugeborene Ferkel bis zum Aufstehen. JUNGHANS (1992) definierte das Merkmal „Aufstehen“ als den Moment, in dem

das gestreckte Unterstellen der Beine bei gleichzeitiger erkennbarer Abstützung des Körpers beobachtet werden kann. Dabei ist dieses Merkmal von nicht-standardisierbaren Störgrößen wie Geschwisteranzahl oder Unruhe der Sau unbeeinflusst. Je schneller ein Ferkel aufsteht, desto schneller wird das Gesäuge erreicht und das Erstkolostrum aufgenommen. Das Merkmal „Aufstehen" bekommt so eine Prognosefähigkeit für die Überlebenschancen und im Weiteren für die Zuwachsentwicklung innerhalb der ersten Lebenswochen. Eine intakte Nabelschnur zur Geburt fördert das schnelle Aufstehen und erleichtert die Orientierung der Ferkel (HOY, 2002). JUNGHANS (1992) spricht der Nabelschnur eine „Gummibandfunktion" zu. Tiere, bei denen die Nabelschnur zur Geburt bereits gerissen war, verirrten sich häufig in der Bucht, da sie den Kontakt zum Muttertier verloren hatten. Im Vergleich der benötigten Zeit bis zum ersten Aufstehen zwischen „nach der Geburt" und bereits „während der Geburt" abgenabelten Ferkeln benötigten die Ferkel mit zur Geburt intakter Nabelschnur 3,5 Minuten weniger. In zwei Versuchen ermittelte JUNGHANS (1992) den Einfluss des Geburtsgewichtes auf die Parameter Aufstehen, ZGK und ZMA. Die hoch signifikanten Korrelationskoeffizienten sind in Tabelle 12 dargestellt.

Tab. 12: Lineare Korrelationskoeffizienten zwischen Geburtsgewicht und den Parametern Aufstehen, ZGK und ZMA (modifiziert nach JUNGHANS, 1992)

| | **Versuch 1** | **Versuch 2** |
|---|---|---|
| | Geburtsgewicht | Geburtsgewicht |
| Aufstehen | -0,19*** | -0,34*** |
| ZGK | -0,20*** | -0,35*** |
| ZMA | -0,18*** | -0,49*** |

HOY ET AL. (1995) berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen den physiologischen (Abfall Körpertemperatur) und ethologischen (Aufstehen, ZGK und ZMA) Parametern. Es wurden mittelgradige hoch signifikante Beziehungen zwischen r=0,36 und r=0,64 ermittelt ($p<0,01$).

BÜNGER (2003) beschreibt den Einfluss der Geburtsmasse auf die Vitalität anhand der ZGK und ZMA. Ferkel mit einem Geburtsgewicht von 0,5 – 1,2kg benötigen wesentlich mehr Zeit als Ferkel mit einem Geburtsgewicht von 1,2–1,9kg. Schwerere Ferkel (>1,9kg) benötigen wiederum etwas mehr Zeit. Deren Werte für die ZGK und ZMA sind vergleichbar mit denen von Ferkeln mit einer Geburtsmasse von 1,1-1,3kg. Unter- als auch Übergewichtigkeit sind demzufolge ein wichtiger Grund für eine verzögerte Erstkolostrumaufnahme. Die Bestimmt-

heitsmaße für diese Beziehungen sind mit 0,08 für ZGK und 0,21 für ZMA nicht sehr eng. Das lässt den Schluss zu, dass durchaus auch agile Ferkel mit einem niedrigen Geburtsgewicht das Gesäuge schnell erreichen und Milch aufnehmen können. BÜNGER ET AL. (1984, 1985 a, b) und WESEMEIER (1990) lehnen eine Grenze des Geburtsgewichtes zur alleinigen Bestimmung der Aufzuchtwürdigkeit ab, während PRANGE (2001b) eine Grenze von 800g als aufzuchtwürdiges Geburtsgewicht angibt. Die Zeitspanne zwischen der Geburt und dem ersten Gesäugekontakt gehörte in vielen weiteren Untersuchungen zum methodischen Spektrum (HEMSWORTH ET AL. 1976; BERGENTHAL-MENZEL-SEVERING, 1983; BATE ET AL., 1985; ROHDE PARFET UND GONYON, 1988; OLSSON UND SVENDSEN, 1989). In Untersuchungen von HOY ET AL. (1995) wurden hochsignifikante Zusammenhänge in Bezug auf die ZGK, Rückgang der Köpertemperatur und Körpermassezuwachs gefunden. Je schneller die Ferkel das Gesäuge erreichten und je geringer ihr Körpertemperaturabfall war, desto höher war der erzielte Körpermassezuwachs in der Säugezeit. Nach JUNGHANS (1992) sind die Merkmale ZGK und ZMA differenziert zu betrachten, da sie entgegen dem Merkmal „Aufstehen“ stark durch das Verhalten der Sau, zum Beispiel Unruhe, beeinflusst werden können. WÄHNER (2003) rät, das Gewicht der Ferkel immer im Zusammenhang mit dem der Wurfgeschwister zu beurteilen. Das Geburtsgewicht der Ferkel korreliert mit der Wurfgröße (WEHREND, 2008). In Untersuchungen von HEINZE UND RAU (2007) wurde bei einer Wurfgröße von weniger als 10 Ferkeln ein durchschnittliches Geburtsgewicht von 1,71kg ermittelt. Bei ansteigender Wurfgröße sank das mittlere Geburtsgewicht auf bis zu 1,32kg bei mehr als 17 Ferkeln. Der Anteil an Ferkeln mit einem Geburtsgewicht von unter 0,75kg stieg auf 7,5% an, der Anteil Ferkel mit einem Geburtsgewicht von 0,75–1,00kg auf 12,3% (Abbildung 5). Dieser negative Trend bestätigte sich in einem Anstieg des Anteils an Totgeburten, an Ferkelverlusten sowie einer verringerten Aufzuchtrate. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabelle 13 dargestellt.

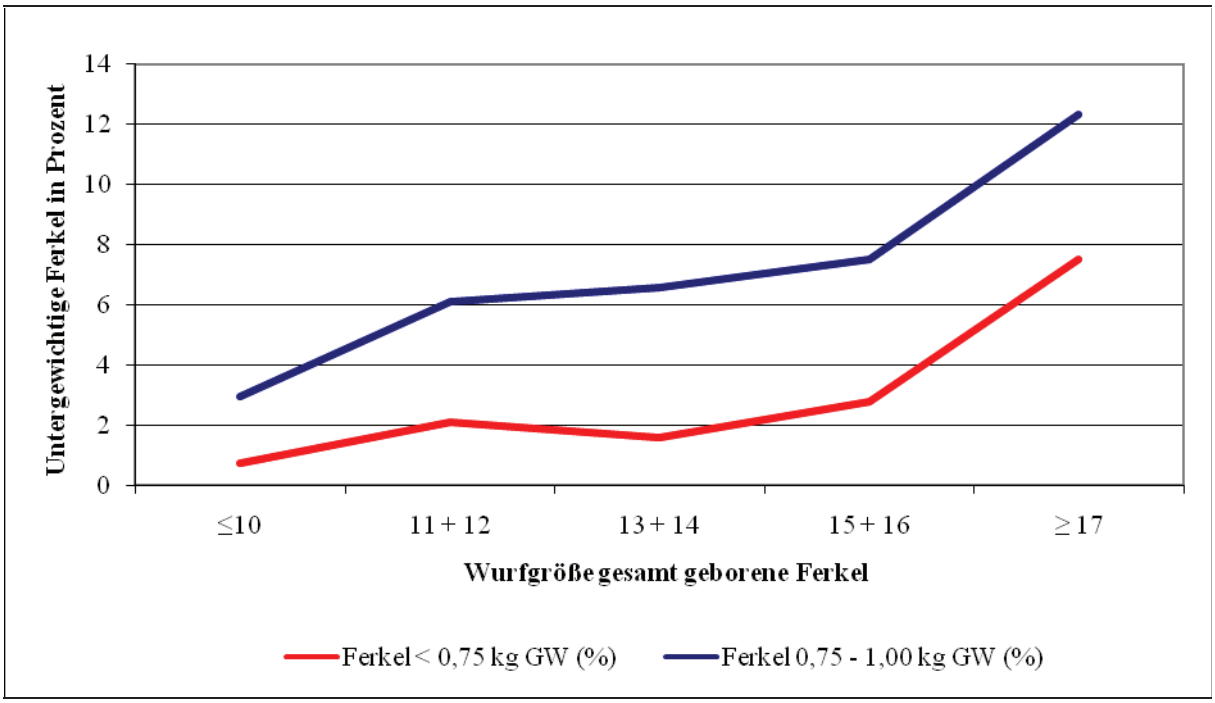



Abb. 5: Entwicklung des Anteils untergewichtiger Ferkel in Abhängigkeit zur Wurfgröße (nach HEINZE UND RAU, 2007)

Tab. 13: Untersuchungsergebnisse zum Einfluss der Wurfgröße auf das Verlustgeschehen (nach HEINZE UND RAU, 2007)

| **Merkmal** | **Gesamt geborene Ferkel (Stück)** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **≤10** | **11 + 12** | **13 + 14** | **15 + 16** | **≥ 17** |
| Anteil Würfe (%) | 17,62 | 23,32 | 28,50 | 16,58 | 14,00 |
| Geburtsgewicht (kg) | 1,71 | 1,55 | 1,50 | 1,44 | 1,32 |
| Totgeburten (%) | 4,09 | 4,80 | 9,00 | 7,30 | 13,77 |
| Ferkelverluste (%) | 5,04 | 15,80 | 14,75 | 19,26 | 25,67 |
| Aufzuchtrate* (%) | 91,15 | 80,58 | 77,56 | 74,82 | 66,57 |

* Anteil abgesetzter zu geborenen Ferkeln

HENNE ET AL. (2003) weisen ebenfalls einen steigenden Anteil an Ferkeln mit weniger als 1 kg bei steigender Wurfgröße nach. Bei einer Wurfgröße von 15 und 16 insgesamt geborenen Ferkeln haben bis zu 16% der geborenen Ferkel eine Geburtsmasse von weniger als 1 kg. HÖRÜGEL (1999) beschreibt einen positiven Zusammenhang zwischen der Geburtsmasse und dem Gamma–Globulin-Gehalt 24h post partum, einen negativen Zusammenhang zwischen der Geburtsmasse und dem Anteil Totgeburten, der Häufigkeit an Erkrankungen und Spreizerferkeln sowie den Saugferkelverlusten. Der Anteil untergewichtiger Ferkel liegt nach WÄHNER (2003) heute bei 5–6%.

Die Geburtsreihenfolge innerhalb eines Wurfes hat ebenfalls Auswirkungen auf die Vitalität der Ferkel. Nach BÜNGER (1984) ergaben Beobachtungen, dass Spätgeborene sich an den

Erstgeborenen orientieren und so schneller das Gesäuge für die erste Milchaufnahme erreichen. Die Letztgeborenen benötigen wiederum eine längere Zeit, da sie sich mit den Wurfgeschwistern auseinander setzen müssen. Statistisch belegt, benötigen die beiden zuerst geborenen Ferkel die meiste ZGK und ZMA. BÜNGER (1984) geht davon aus, dass diese Ferkel durch das Besaugen mehrerer Zitzen die Orientierung für die später geborenen Wurfgeschwister erleichtern. Nach Etablierung einer Saugordnung zeigen sich die Ferkel, die an den kranialen Zitzenpaaren saugen, den Wurfgeschwistern, die keine Präferenz für ein bestimmtes Zitzenpaar zeigten, in den ethologischen und physiologischen Vitalitätsparametern überlegen (HOY ET AL., 1994, 1995). Die Ferkel, die an den beiden kranialen Zitzenpaaren saugen, haben nach der Geburt am schnellsten das Gesäuge erreicht, sehr schnell das erste Kolostrum aufgenommen und den geringsten Körpertemperaturabfall 30min post partum aufgewiesen. Diese Vorteile verfestigen sich und sind anhand der besseren Lebendmassezunahmen bis zum Absetzen im Vergleich zu den Wurfgeschwistern, die die medialen oder kaudalen Zitzenpaare bevorzugen, signifikant nachweisbar. Ferkel ohne eine Präferenz für ein bestimmtes Zitzenpaar weisen zum 7. Lebenstag den niedrigsten Lebendmassezuwachs auf. Bis zum Absetzen am 28. Lebenstag konnten diese Ferkel den Entwicklungsrückstand kompensieren und wiesen bessere Leistungen auf als die Wurfgeschwister an kaudaler Säugeposition (Tabelle 14).

Tab. 14: Einfluss der Zitzenposition während der Säugezeit auf den täglichen Lebendmassezuwachs bis zum 7. und 28. Lebenstag (nach HOY ET AL., 1995)

| **Zitzenposition** | **Lebendmassezuwachs (g)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **bis 7. Lebenstag** | | **bis 28. Lebenstag** | |
| | *n* | *MW* ± *SD* | *n* | *MW* ± *SD* |
| kraniale 2 Zitzenpaare | 175 | 161 ± 60 | 168 | 205 ± 52 |
| mediale 3 Zitzenpaare | 110 | 152 ± 57 | 104 | 183 ± 48 |
| kaudale 2 Zitzenpaare | 125 | 127 ± 65 | 118 | 164 ± 58 |
| ohne Präferenz | 32 | 104 ± 75 | 27 | 172 ± 71 |
| | | $p < 0,01$ | | $p < 0,05$ |

Die Vorteile der Ferkel mit einer Präferenz für die kranialen Zitzenpaare bestätigen sich im weiteren Verlauf bis zum Absetzen und bis zum Mastende. Diese Ferkel weisen die bessere Lebendmassenentwicklung und die geringste Morbidität auf (HOY ET AL., 1991; HOY UND PUPPE, 1992).

#### 2.5.3.1.2 Züchterische Faktoren

Die Vitalität von Kreuzungsnachkommen ist besser als die reinrassiger. Untersuchungen von BÜNGER ET AL. (1984, 1985 a, b) belegen deutliche Unterschiede in der ZGK und ZMA im Vergleich von Edelschwein- und Kreuzungsferkeln. Bei vergleichbaren mittleren Geburtsmassen und Untergewichtigenanteil benötigten die reinrassigen Nachkommen signifikant mehr Zeit bis zum ersten Gesäugekontakt und bis zur ersten Milchaufnahme (vgl. Abbildung 6).

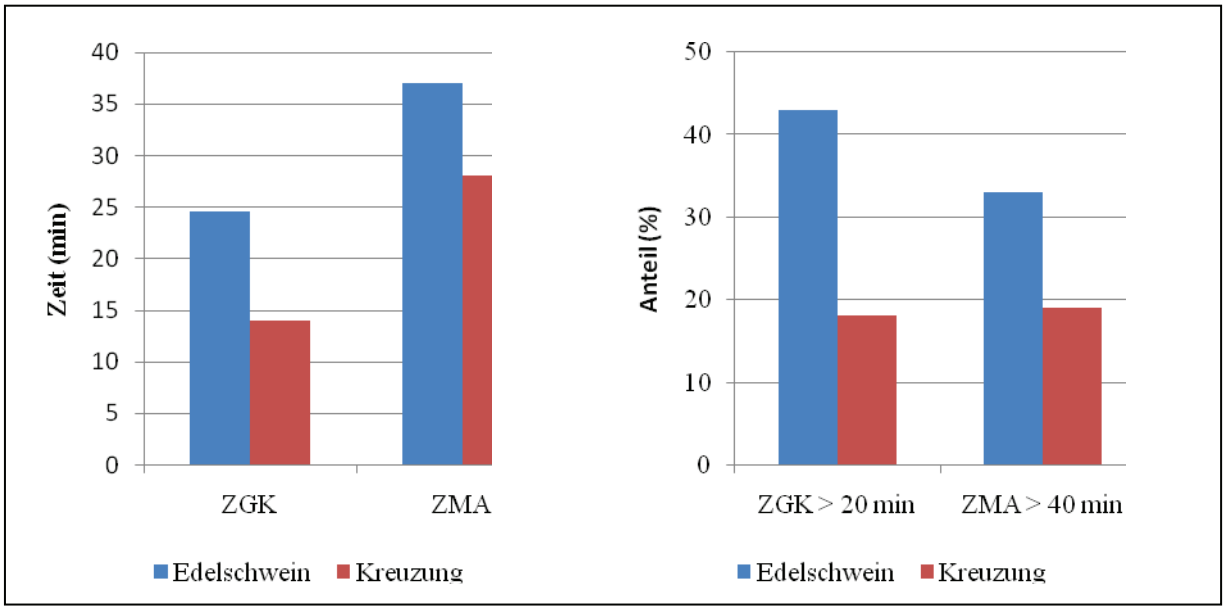



Abb. 6: Vergleich der Mittelwerte für ZGK, ZMA und den Anteil in % für ZGK>20min und ZGK>40min für reinrassige (Edelschwein) und Kreuzungsferkel (nach BÜNGER 1984; BÜNGER ET AL., 1985a und b)

#### 2.5.3.1.3 Pathophysiologische Faktoren

BÜNGER ET AL. (1984, 1985a, 1985b, 1988, 1989, 1990) führten mehrere Untersuchungen zum konnatalen Jod- und Eisenmangel durch. Nachkommen von Jungsauen mit Jodmangel zeigten vermehrt das Dickhalssyndrom, ein klinisches Symptom für Jodmangel. Die ZGK der Ferkel war nicht verändert, jedoch benötigten sie mehr Zeit bis zur ersten Kolostrumaufnahme. Blutuntersuchungen zum Jodgehalt verdeutlichten Zusammenhänge zwischen Jodmangel, einer beeinträchtigten Schilddrüsenfunktion und einer verlängerten Zeitspanne bis zur Erstkolostrumaufnahme. Die betroffenen Ferkel sind zum Erreichen des Gesäuges, nicht jedoch zur schnellen Milchaufnahme fähig. BÜNGER (2003) begründet dies

mit einem fehlenden Training der Koordination von Saugen, Schlucken und Atmen in der fetalen Phase.

Ferkel werden lediglich mit einem geringen Vorrat an Eisen geboren. Nach HILGERS (2003) beträgt dieser 40–60mg/kg Lebendmasse. Bei eingeschränktem materno – fetalem Eisentransfer und/oder einer eingeschränkten plazentaren Transfusion kann bereits bei einem neugeborenen Ferkel eine Eisenmangelanämie auftreten. Die Sauenmilch enthält nur sehr wenig Eisen (1mg/l), so dass eine zusätzliche postpartale Eisengabe generell nötig ist um die Diskrepanz zwischen Bedarf und möglicher Aufnahme zu verringern (WEHREND, 2008). Über die Milch kann ein Ferkel lediglich 1mg pro Tag aufnehmen. Der Eisenbedarf hängt von der täglichen Zunahme ab. Im Mittel liegt für ein frohwüchsiges Ferkel der tägliche Bedarf bei 15mg Eisen (HILGERS, 2003). BÜNGER ET AL. (1984, 1987a, b, 1989, 1990) zeigten, dass trotz manueller Eisengabe die Kompensationsfähigkeit untergewichtiger anämischer Ferkel nicht ausreicht, um die Mortalität bis zum 21. Tag der Säugezeit signifikant zu verringern.

#### 2.5.3.1.4 Verfahrenstechnische Faktoren

Die Aufstallung der Sauen, vor allem während der Abferkelung, hat Einfluss auf die ZGK und ZMA. Untersuchungen, in denen Sauen im gleichen Stallabteil sowohl im Kastenstand als auch in einer Bewegungsbucht abferkelten, verdeutlichen diese Unterschiede. Die Geburtsgewichte der Ferkel, die von Sauen in Bewegungsbuchten geboren wurden, waren signifikant geringer, jedoch war die ZGK im Vergleich zu Ferkeln von Sauen in Kastenständen verkürzt (BÜNGER UND SCHLICHTING, 1995). Es wird vermutet, dass die Ferkel der Sauen in Kastenständen entgegen ihrer besseren Voraussetzungen durch ein erhöhtes Geburtsgewicht aufgrund zu kleiner Kastenstände Probleme haben, das Gesäuge bzw. die Zitzen zu erreichen. Die Sauen sind für die Kastenstände zu groß und rahmig.

Ferkel reagieren sehr sensibel auf ihre Umgebungstemperatur. Bereits 1967 berichteten KALICH ET AL., dass insbesondere Ferkel mit einem niedrigen Geburtsgewicht durch Umweltbelastungen in Form von Kälte schnell frieren und Saugunlust zeigen. Bedingt dadurch nehmen diese Ferkel zu spät und zu wenig Kolostrum auf, was wiederum zu einer im Vergleich zu Wurfgeschwistern verringerten Gamma-Globulin-Konzentration und zu erhöhten Verlusten führt. JUNGHANS (1992) untersuchte in zwei Versuchsanstellungen den Einfluss einer veränderten Temperatur auf die Merkmale Aufstehen, ZGK und ZMA. In

ersten Versuch wurde die Temperatur im Bereich von 16–26°C erhöht. Ein Ansteigen der Temperatur um 2°C beschleunigte das Aufstehen der Ferkel um 1 Minute, die ZGK um 2 Minuten und die ZMA um 4,5 Minuten. In der zweiten Versuchsanordnung wurde die Umgebungstemperatur konstant gehalten. In diesem Versuch wurden die in Tabelle 12 (Seite 27) beschriebenen auf einem Niveau von $p < 0,01$ signifikanten Beziehungen sichtbar.

## 2.6 Einflussfaktoren auf die Wurfleistung

HÖRÜGEL (1999) untersuchte über den Zeitraum von 16 Jahren einen Zuchtbestand von 2000 Sauen. Ausgehend von drei verschiedenen klinischen Bildern einer Wurfdepression formuliert er zu Grunde liegende Ursachen. Wenige mindergewichtige Ferkel in Würfen mit normalen Geburtsmassen oder hohen Wurfgrößen deuten darauf hin, dass das Platzangebot im Uterus nicht für alle Feten ausreichend war. Bestehen hohe Differenzen zwischen den einzelnen Geburtsmassen der Ferkel eines Wurfes und liegt eventuell ein erhöhter Anteil an Totgeburten oder Mumien vor, kommen so als Ursache Infektionen der Gebärmutter (zum Beispiel Parvovirose) oder Infektionen der Feten während der Trächtigkeit in Betracht (wahrscheinlich kombiniert mit einem Fortschreiten der Erkrankung im Uterus von Fetus zu Fetus). Sind bei kleiner bis normaler Wurfgröße alle Ferkel eines Wurfes klein und vermehrt lebensschwach, können die Ursachen Belastungen der Sau während der Trächtigkeit, eine gleichzeitige Infektion der Feten aber auch durch Mykotoxine bedingt sein.

### 2.6.1 Einfluss der Höhe perinataler Ferkelverluste auf die Wurfleistung

Die Herdenfruchtbarkeit wird neben der Wurfleistung maßgeblich durch die Höhe der Saugferkelverluste bestimmt. Die Wurfgröße erfasst sämtliche lebend und tot geborenen Ferkel. Mumifizierte Früchte werden separat je Wurf ausgewiesen. In den vergangenen Jahren wurde deutschlandweit eine Stagnation in der Entwicklung der Wurfgröße sowie in der Anzahl abgesetzter Ferkel je Sau und Jahr beobachtet. Speziell die Höhe der Saugferkelverluste ist mit etwa 14% zu hoch (HEINZE 2003). Auswertungen von 111.573 Würfen des Jahres 2002 von 53 thüringischen Beständen durch HEINZE (2003) zeigen, dass selbst die Betriebe, die zu den 20% Besten gehören, Saugferkelverluste von 12,5% aufweisen. Folgerichtig werden in diesen Betrieben ausgehend von 11,97 IGF/Wurf lediglich 23,2 Ferkel je Sau und Jahr abgesetzt. Auszüge dieser Ringauswertung sind in Tabelle 15 dargestellt. Im Mittel wird 1 Ferkel je Wurf tot geboren und 1,5 Ferkel je Wurf sterben während der

Säugeperiode. Diese Leistungsdaten sind als ein repräsentativer Mittelwert für die Leistungen in den neuen Bundesländern anzusehen (HEINZE, 2003).

Nach PRANGE (2001b) beträgt der Anteil von Totgeburten bei Jungsauen 7% und bei Altsauen 8% und liegt für den Anteil untergewichtiger Ferkel (<800g) bei unter 4%. Feten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten zwischen dem 35. und dem 110. TT absterben, werden als mumifizierte oder zersetzte Früchte bis zur Geburt mitgeführt (VAN DER LENDE, 2003). Anhand deren unterschiedlich hoher Geburtsgewichte von 400–600g, bei sehr hohen Schwankungen von 50 bis über 1000g, lässt sich der Zeitpunkt des Absterbens bestimmen.

Tab. 15: SKBR-Ringauswertung von Ferkelerzeugern (HEINZE, 2003)

| | | **untere 20%** | **mittlere** | **obere 20%** | **gesamt** |
|---|---|---|---|---|---|
| ausgewertete Bestände | Anzahl | 11 | 31 | 11 | 53 |
| mittl. Bestand Sauen | Anzahl | 473 | 667 | 929 | 681 |
| IGF / W | St. | 11,05 | 11,53 | 11,97 | 11,59 |
| LGF / W | St. | 9,97 | 10,58 | 10,97 | 10,61 |
| AFG / geb. W | St. | 8,49 | 9,10 | 9,58 | 9,16 |
| AGF / abgesetz. W | St. | 8,67 | 9,30 | 9,83 | 9,37 |
| totgeborene Ferkel / W | St. | 1,08 | 0,95 | 1,00 | 0,98 |
| totgeborene Ferkel | % | 9,71 | 8,21 | 8,34 | 8,44 |
| Saugferkelverluste / W | St. | 1,53 | 1,48 | 1,37 | 1,45 |
| Saugferkelverluste | % | 15,33 | 13,95 | 12,50 | 13,68 |
| Gesamtverluste / W | St. | 2,61 | 2,43 | 2,37 | 2,43 |
| Gesamtverluste | % | 23,62 | 21,08 | 19,80 | 20,97 |
| AGF / Sau und Jahr | St. | 18,16 | 21,07 | 23,20 | 21,25 |

Der anzustrebende Wert für die Anzahl mumifizierte Ferkel liegt für Jungsauen bei <0,2 und für Altsauen bei <0,3 Ferkeln je Wurf. Ein vermehrtes Auftreten kann ein Anzeichen für Infektionen (Parvovirose, PRRS, Schweinepest, Brucellose, Aujeszkysche Krankheit) oder Intoxikationen sein, die zum Absterben des gesamten Wurfes führen können. Für das Auftreten eines Abortes gelten 2% bezogen auf die Anzahl abferkelnder Sauen als nicht zu überschreitender Richtwert. Treten häufiger Aborte auf, ist dies ein Anzeichen für Erkrankungen im Bestand (PRANGE, 2001b; THORUP, 2002).

Zwischen 80–90% aller totgeborenen Ferkel versterben während der Austreibungsphase, vorwiegend zum Geburtsende. Gründe hierfür können ein vorzeitiges Ablösen der Plazenta verbunden mit einem möglichen Riss der Nabelschnur sein, wodurch die Sauerstoffversorgung nicht mehr gewährleistet ist. Eine Wehenschwäche der Sau, die wiederum zu verlängerten Austreibungszeiten führen, ist ein weiterer möglicher Grund für Anzeichen von Lebensschwäche infolge Sauerstoffmangels bis hin zum vorzeitigen Tod des Ferkels. Untersuchungen von PRANGE (2001b) ergaben bei tot geborenen Ferkeln ein um 200–300g geringeres Geburtsgewicht als bei lebend geborenen Wurfgeschwistern. Allerdings lag bei zwei Dritteln das Geburtsgewicht über 1200g, so dass das Geburtsgewicht nicht als alleinige Ursache für ein Versterben während bzw. kurz nach der Abferklung anzusehen ist. Ein Absterben direkt nach der Geburt ist an der frischen und nicht mit Mekonium versehenen Haut zu erkennen. Oft ist zu beobachten, dass die Ferkel noch von der Fruchthülle umgeben sind.

### 2.6.2 Einfluss des betrieblichen Managements

Die Größe des Betriebes wird oft als Einflussfaktor auf die Höhe der Saugferkelverluste genannt. HEINZE (2003) konnte dies anhand des Datenmaterials, ausgewertet nach Beständen bis zu und mehr als 750 Sauen ab 1. Belegung, nicht nachweisen. Die Saugferkelverluste unterschieden sich mit 13,1% und 14,1% nur geringfügig und die Anzahl abgesetzter Ferkel je Sau und Jahr ist mit 21,26 und 21,25 identisch. Eine Auswertung der Ferkelverluste in Abhängigkeit zur Wurfgröße ergab ein Absinken der Totgeburtenrate ab einer Wurfgröße von 11,0–11,5. Die Saugferkelverluste stiegen bei einem gleichzeitigen Ansteigen der Wurfgröße von 11,0 auf über 12,0 nur unwesentlich. Nach Meinung von HEINZE (2003) verdeutlicht das den Effekt eines guten Betriebs- und Abferkelmanagements. Dass eine hohe Anzahl an insgesamt und lebend geborenen Ferkeln nicht zwangsläufig zu hohen Verlusten führt, zeigt die Berechnung der Beziehung der Wurfgrößenparameter untereinander und zu den Verlusten. Hochsignifikante Korrelationen ergaben sich für die Beziehung zwischen IGF zu LGF mit 0,871; IGF zu AGF mit 0,665; LGF zu AGF mit 0,776 und LGF zu Saugferkelverlusten mit 0,367. Nicht zu sichern waren die Beziehungen zwischen IGF und tot geborenen Ferkeln mit -0,159 und zwischen IGF und der Höhe der Saugferkelverluste mit -0,210. Das Bestimmtheitsmaß für die Saugferkelverluste beträgt 0,04 für den Bezug zur IGF und 0,02 für LGF. Somit ist nach HEINZE (2003) der hohe Einfluss des betrieblichen Managements auf die Höhe der Saugferkelverluste nachgewiesen.

Die Haltung der Sauen, ob in Gruppenhaltung oder im Kastenstand, hat Auswirkungen auf den Geburtsverlauf und die Höhe der Ferkelverluste. In Untersuchungen von KLOCEK ET AL. (1992) und BIENSEN ET AL. (1996) werden verringerte Austreibungszeiten für Ferkel bei der Gruppenhaltung ausgewiesen. KLOCEK ET AL. (1992) ermittelten für Sauen in Einzelhaltung im Vergleich zu Sauen aus der Gruppenhaltung eine um 65min verlängerte Geburt. Die Dauer der Geburt betrug bei Sauen in Einzelhaltung 294min und bei Sauen in Gruppenhaltung 229min. Resultate von BIENSEN ET AL. (1996) verdeutlichen Unterschiede für die Austreibungszeiten je Ferkel. Diese waren mit 13,0min bei Gruppenhaltung gegenüber 18,3min bei einer Haltung im Kastenstand kürzer. Die verlängerte Geburtsdauer spiegelt sich in der Anzahl tot geborener Ferkel wider. In Würfen von Sauen aus der Gruppenhaltung waren mit 0,5 Ferkel/Wurf weniger tot geborene Ferkel zu verzeichnen als bei Sauen aus der Kastenhaltung mit 1,02 Totgeburten/Wurf (KLOCEK ET AL., 1992). Die Anzahl mumifizierter Ferkel ist mit 0,6 bei Würfen von Sauen aus der Gruppenhaltung gegenüber 0,29 bei Würfen von Sauen aus der Einzelhaltung fast doppelt so hoch. Unterschiede bestehen weiterhin im Anteil an Würfen mit tot geborenen Ferkeln. Dieser betrug bei Sauen aus der Einzelhaltung 63,5%, bei Sauen aus der Gruppenhaltung 35%. In Versuchen von BÜNGER (2002) wurden Ergebnisse bestätigt. Bei einer Gruppenhaltung von Sauen waren geringere Ferkelverluste zu verzeichnen. BILKEI (1989) verweist weiterhin auf die Bedeutung der Körperkondition der Sauen zur Abferkelung. Sind die Sauen zu schwer, können sich die Geburten verzögern und eine höhere Anzahl tot geborener Ferkel zur Folge haben.

### 2.6.3 Einfluss der Wurfnummer auf die Höhe perinataler Verluste

Die Wurfnummer respektive das Alter der Sau haben einen Einfluss auf die Höhe der Verluste. Nach PRANGE (2001b) steigt die Anzahl tot geborener Ferkel naturgemäß mit dem Alter der Sau. Auswertungen von Daten thüringischer Betriebe in Abhängigkeit zur Wurfnummer ergaben ein Ansteigen der Wurfgröße bis zum 4. Wurf, wobei die besten Aufzuchtergebnisse bereits im 2. Wurf erreicht werden. Dabei waren in den Würfen primiparer Sauen zugleich die geringsten Ferkelverluste zu verzeichnen. Der Anteil Totgeburten stieg ab dem 3. Wurf an (HEINZE, 2003). In Untersuchungen der Beratungszentrale in Dänemark konnte der Einfluss der Wurfnummer auf die Anzahl tot geborener Ferkel ebenfalls nachgewiesen werden (THORUP, 2002). Nach diesen Ergebnissen liegt die Sterblichkeit im Unterschied zu Ergebnissen von PRANGE (2001b) im ersten Wurf um 1 bis 2 Prozent höher als in den Folgewürfen. Die besten Wurfergebnisse bei gleichzeitig niedrigsten

Totgeburtenraten werden in dänischen Untersuchungen im 2.–4. Wurf erzielt. Ab dem 5. Wurf kommt es zu einem langsamen Ansteigen des Anteils tot geborener Ferkel.

### 2.6.4 Einfluss der Austreibungszeit auf die Wurfleistung

Eine Häufung der tot geborenen Ferkel lässt sich bei verzögerten und lang andauernden Geburten feststellen. Negativ auf die Geburtsdauer wirken neben einem gestörten Allgemeinbefinden der Sau und Unruhe im Stall vor allem eine falsche Fütterung vor der Geburt und eine unzureichende Wasseraufnahme. PRANGE (2001b) zeigte in Untersuchungen die Auswirkungen einer verlängerten Austreibungszeit für Jung- und Altsauen auf den Anteil tot geborener Ferkel auf. Bei einer Geburtsdauer von <4h lag die Totgeburtenrate bei unter 1% für Altsauen und ca. 4% bei Jungsauen. Steigt die Geburtsdauer an auf >4h, so erhöht sich bei Jungsauen der Anteil Totgeburten auf etwa 12%. Bei Altsauen betrug der Totgeburtenanteil bei einer Geburtsdauer von 4-6h bzw. >6h 10% und 17%.

Eine Überwachung der Abferkelung kann zu einer Reduzierung der Anzahl tot geborener Ferkel führen. Untersuchungen von HOLYOAKE ET AL. (1995) zeigten, dass mit einer Kontrolle der Abferkelung die Anzahl toter Ferkel je Wurf von 0,68 auf 0,26 gesenkt werden konnte. Die erhöhte Anzahl lebend geborener Ferkel kann entsprechend zu einer Erhöhung der Anzahl abgesetzter Ferkel je Sau und Jahr führen. PRANGE (2001b) geht davon aus, dass durch den ineffektiven Einsatz einer Ferkelwache 3 bis 4% der insgesamt geborenen Ferkel als Verluste in die Totgeburtenrate eingehen. Zu den Aufgaben einer Ferkelwache zählen unter anderem eine intensive Geburtsüberwachung, die Wiederbelebung scheinbar toter Ferkel und das Abtrocknen der Neugeborenen, um einem zu schnellen Abfall der Körpertemperatur vorzubeugen, sowie die Gewährleistung einer schnellen Kolostrumaufnahme. Eine kurze Austreibungszeit ist anzustreben. Nach PRANGE (2001a) ist ein Zeitabstand zwischen der Austreibung von zwei Ferkeln von 15 min optimal. HOY (2002) gibt ein Zeitintervall von 20 bis 30min an. Eine medikamentelle Unterstützung, z.B. durch die Gabe von Oxytocin, ist sinnvoll. Bedingung ist eine vorherige Kontrolle des Geburtskanals. PRANGE (2001a) befürwortet das Leisten von Geburtshilfe ab einem zeitlichen Abstand von 1 bis 1,5h zum vorangegangen Ferkel und/oder wenn trotz starker Wehentätigkeit kein Ferkel geboren wird. MOTA-ROJAS ET AL. (2002) konnten in Untersuchungen an 180 Sauen eine signifikante Verkürzung der Austreibungszeit bei Sauen feststellen, die mit Oxytocin behandelt wurden (14,4±0,4 *vs*. 28,5±0,6min). Gleichzeitig erhöhten sich die Anzahl

totgeborener Ferkel (1,2±0,1 *vs*. 0,7±0,1) sowie der Anteil an bereits zur Geburt gerissener Nabelschnüre.

Die Reihenfolge zur Geburt hat einen Einfluss auf das Risiko einer Totgeburt. MOTA-ROJAS ET AL. (2002) ermittelten Totgeburtenraten von 9% für das 1. - 4. Ferkel, Raten von 16% für das 5.-8. Ferkel und 75% ab dem 9. Ferkel. PRANGE (2001a) ermittelte vergleichbare Ergebnisse. Ab dem 10. Ferkel steigen die Totgeburtenrate und auch die Geburtsdauer rapide an. Bei der Gabe von Oxytocin beobachtete MOTA-ROJAS ET AL. (2002) einen hochsignifikanten Anstieg des Anteils an Totgeburten auf bis zu 80% bei den ersten vier Ferkeln ($p<0,01$). Der Anteil tot geborener Ferkel mit geschädigter oder durchtrennter Nabelschnur zur Geburt war mit der Gabe von Oxytocin ebenfalls in hoch signifikantem Maß angestiegen. Alle *intra partum* verendeten Ferkel mit gerissener Nabelschnur sowie 63–71% der tot geborenen Ferkel mit beschädigter Nabelschnur wurden im ersten Drittel des Wurfes verzeichnet. Dies unterscheidet sich hochsignifikant von den Ergebnissen der Kontrollsauen. Hohe Werte von bis zu 94% an gerissenen Nabelschnüren bei *intra partum* verendeten Ferkeln werden von RANDALL (1972a und b), SPRECHER ET AL. (1974 und 1975) bestätigt. Nach Ergebnissen von PRANGE (2001a) ist bei 90% der lebend geborenen Ferkel die Nabelschnur intakt.

### 2.6.5 Weitere Faktoren

RÖHE UND KALM (2000) führten eine Risikoanalyse für Verluste an ca. 13.000 Ferkeln durch. Dem Geburtsgewicht der Ferkel wiesen sie den größten Einfluss auf das Überleben der Ferkel zu, an zweiter Stelle folgten saisonale Auswirkungen. Die Ergebnisse des Einflusses der Risikofaktoren, die weitgehend unabhängig voneinander geschätzt wurden, sind in Tabelle 16 dargestellt.

Das optimale Erstferkelalter lag in dieser Untersuchung bei 345–354 Tage. LE COZLER ET AL. (1998) wiesen einen ähnlichen Wert mit 356 Tagen aus. Im Ergebnis zeigten Sauen mit einer Zwischenwurfzeit über 154 Tage (1.–2. Wurf) ein geringeres Risiko für Verluste. RÖHE (2001) erklärt dies mit dem noch nicht abgeschlossenen Wachstum der Tiere. Bei höheren Wurfzahlen ist eine niedrigere Zwischenwurfzeit anzustreben, weil dann das Verlustrisiko zurückgeht.

Tab. 16: Relatives Risiko von verschiedenen Faktoren für Saugferkelverluste (nach RÖHE UND KALM, 2000)

| **Risikofaktor** | **relativ gering** | | **relativ hoch** | |
|---|---|---|---|---|
| | Faktorstufe** | Risiko | Faktorstufe** | Risiko |
| Saison der Geburt | April bis Juni | 1,0 | Okt. bis Dez. | 1,6 |
| Wurfnummer der Mutter | 1. Wurf | 1,0 | 5. Wurf | 2,2 |
| Erstferkelalter | 345 - 354 Tage | 1,0 | unter 345 Tage | 1,3 |
| Zwischenwurfzeit 1. - 2. Wurf | über 154 Tage | 1,0 | unter 145 Tage | 1,2 |
| Zwischenwurfzeit 3. - 4. Wurf | unter 145 Tage | 1,0 | über 154 Tage | 1,6 |
| Genotyp der Mutter | Large White | 1,0 | Landrasse | 2 |
| Geschlecht des Ferkels | weiblich | 1,0 | männlich | 1,5 |
| Trächtigkeitsdauer* | 115 Tage | 1,0 | unter 113 Tage | 1,6 |

* bis auf die Trächtigkeitsdauer waren alle relativen Risikofaktoren signifikant verschieden ($p<0,01$)

** die Faktorstufe des Risikofaktors mit dem geringsten Verlustrisiko wird beim relativen Risiko mit 1 festgelegt, das der anderen Stufen wird als ein Vielfaches ausgedrückt

Weil die Zwischenwurfzeit stark von Managementfaktoren beeinflusst werden kann, wird in holländischen Untersuchungen das Zeitintervall zwischen Absetzen und Brunsteintritt verwendet (TEN NAPEL ET AL., 1995). Für dieses Merkmal wurden in verschiedenen Arbeiten Heritabilitäten berechnet. TEN NAPEL ET AL. (1995) schätzten auf der Basis eines Selektionsexperiments einen $h^2$ Wert von 0,36, STERNING ET AL. (1998) errechneten aus den Daten eines schwedischen Versuchsbetriebes einen $h^2$ Wert von 0,24. Wesentlich niedrigere $h^2$ Wert ermittelten THOLEN ET AL. (1996) und FREY (1999) anhand von Daten aus Praxisbetrieben für das Zeitintervall zwischen Absetzen und Konzeption ($h^2$=0,08–0,10) und für die Zeit zwischen Absetzen und Paarung ($h^2$=0,09).

## 2.7 Züchterische Ansätze zur Verringerung der Höhe der perinatalen Mortalität

Die Heritabilitäten für Merkmale der Reproduktion sind sehr niedrig (RÖHE UND KALM, 2000) und Umwelteinflüssen ist bei der Ausprägung dieser Merkmale eine große Bedeutung beizumessen. Viele phänotypische Veränderungen an den heutigen Tieren lassen auf genetische Unterschiede im Vergleich zu Sauen vor 10 Jahren schließen. So liegt das Gewicht bei der Besamung von Jungsauen heute mehrheitlich bei 125–130kg, früher bei 110kg. Ein weiteres Indiz ist die gesteigerte Futteraufnahme säugender Sauen. Das Aufnahmevermögen liegt nicht mehr bei maximal 5kg sondern bei 6–8kg. Im Verlauf der Jahre sind die mittleren Geburtsgewichte der Ferkel ebenfalls von 1.200g (GLODEK, 1992) auf 1.400g je Ferkel

(PRANGE, 2001b) angestiegen. Die Wurfgröße hat sich stetig verbessert. Ringauswertungen des MSZV (vgl. Tab. 2, S. 2) belegen von 2004 zu 2006 einen Anstieg von 10,9 auf 11,6 lebend geborene Ferkel. Durch verbesserte Haltungsbedingungen hat sich die Anzahl abgesetzter Ferkel je Sau und Jahr ebenfalls von 22,4 (2004) bis auf 23,4 (2007) erhöht. Diese Verbesserung in den Leistungsparametern ist generell positiv zu bewerten, verdeutlicht dennoch den großen Abstand zur Anzahl 32 abgesetzte Ferkel je Sau und Jahr, die prognostisch von BRÜSSOW UND WÄHNER (2008) geschätzt werden.

### 2.7.1 Züchterische Bearbeitung der Verbesserung der Wurfleistung

RÖHE (2001) verweist auf die Komplexität des Problems. Eine Beeinflussung der Wurfleistung durch Größen wie Erstferkelalter, Wachstum der Ferkel bis zum Absetzen/Verkauf, Ferkelverluste sowie Zwischenwurfzeit ist zu berücksichtigen. Die Zwischenwurfzeit ist ihrerseits von mehreren Faktoren wie Brunstintensität, Konzeptionsrate und Spermienqualität beeinflusst. Für eine gute Schätzgenauigkeit sollten in der Zucht Merkmale verwendet werden, die möglichst wenig von Managementfaktoren beeinflusst werden können. Das Erstferkelalter und die Zwischenwurfzeit sind daher ungeeignet. Züchterische Bestrebungen die Wurfgröße zu verbessern, konzentrieren sich auf das Merkmal lebend geborener Ferkel als ökonomisch wichtigstes Kriterium. Dieses Merkmal weist im Vergleich zum Merkmal abgesetzter Ferkel eine höhere Heritabilität auf. Der Unterschied ist im Wurfausgleich begründet. Nach HENNE ET AL. (2003) werden züchterische Überlegungen häufig um das Merkmal Absetz-Konzeptionsintervall nach dem ersten Wurf ergänzt. JOHNSON ET AL. (1999) führten über 14 Generationen ein Selektionsexperiment ausgerichtet auf die Anzahl gesamt geborener Ferkel durch. Pro Generation konnten sie das Merkmal um 0,21 Ferkel je Generation steigern. Die Vitalität der Ferkel nahm jedoch ab. Durch ein Ansteigen der tot geborenen Ferkel um 0,12 je Generation und zunehmende Saugferkelverluste verringerte sich die Anzahl abgesetzter Ferkel um 0,05. RÖHE (2001) verweist ebenfalls darauf, dass eine alleinige Selektion auf das Merkmal insgesamt geborener Ferkel indirekt zu einer Erhöhung tot geborener Ferkel führt. Züchterische Möglichkeiten die Vitalität der Ferkel zu verbessern gibt es kaum (HENNE ET AL., 2003). In verschiedenen Arbeiten wurde der direkte additiv genetische Effekt und der maternale Effekt auf die Saugferkelverluste auf $h^2<0,05$ geschätzt (KERR UND CAMERON, 1995; JOHNSON ET AL., 1999; RÖHE UND KALM, 2000; KNOL, 2001). KERR UND CAMERON (1995) sowie RÖHE UND KALM (2000) befürworten eine Selektion auf das normal verteilte Merkmal des Geburtsgewichtes.

Sie wiesen nach, dass Saugferkelverluste maßgeblich vom den Geburtsgewichten der Ferkel abhängen. Untersuchungen von HENNE ET AL. (2003) bestätigen diese Abhängigkeit an umfangreichem Datenmaterial von ca. 26.000 Ferkeln. Bei Geburtsmassen von unter 1,5kg erhöht sich die Mortalitätsrate, bei Gewichten von weniger als 1kg steigt sie drastisch auf bis zu 100% an.

Mehrere Autoren (RÖHE UND KALM, 2000; GRANDINSON ET AL., 2000 und LUND ET AL., 2000) führten Untersuchungen zur genetischen Veranlagung von Ferkelverlusten durch. Mit Ausnahme einer mittleren Heritabilität für das Merkmal Totgeburten wurden zumeist geringe Heritabilitäten berechnet. Die Ergebnisse für die einzelnen genetischen Parameter sind in Tabelle 17 dargestellt.

Tab. 17: Genetische Parameter (Heritabilität) der Überlebensrate von Ferkeln (modifiziert nach RÖHE, 2001)

| **Merkmal** | **direkter genetischer Effekt des Ferkels** | **maternaler genetischer Effekt** | **Autoren** |
|---|---|---|---|
| Saugferkelverluste bis 21 Tage [1] | 0,02 | 0,02 | RÖHE UND KALM, 2000 |
| Gesamtverluste bis 21 Tage [2] | - | 0,04 | GRANDINSON ET AL., 2000 |
| Totgeburten [2] | - | 0,27 | GRANDINSON ET AL., 2000 |
| Totgelegene/getretene Ferkel [2] | | 0,02 | GRANDINSON ET AL., 2000 |
| % lebend geborener Ferkel [1] | 0,01 | 0,06 | LUND ET AL., 2000 |
| Überlebensrate (%) bis 21 Tage [1] | 0,04 | 0,08 | LUND ET AL., 2000 |

[1] lineares Modell
[2] Schwellenwertmodell

Aus diesen Ergebnissen wird sichtbar, dass sowohl ein direkter Effekt durch das Ferkel als auch ein maternaler genetischer Effekt auf die Überlebensrate wirken. Der direkte Effekt durch das Ferkel wird maßgeblich durch seine Vitalität bestimmt. Die maternalen Effekte setzen sich aus den Muttereigenschaften wie Milchleistung, Säugeverhalten, Aggressivität und Bewegungseigenschaften zusammen. RÖHE (2001) sieht an dieser Stelle den Ansatzpunkt für direkt-maternale Effektmodelle für die Zucht von Reproduktionsmerkmalen. Der züchterische Erfolg wird aufgrund der niedrigen Heritabilitäten (vgl. Tab. 17) gering ausfallen. Durch das übliche Durchführen eines Wurfausgleiches in Zuchtbetrieben wird das

Schätzen eines genetischen Einflusses auf die Überlebensrate erschwert. RÖHE (2001) favorisiert aufgrund dieser Problematik eine Selektion auf den bedeutendsten Risikofaktor - das Geburtsgewicht der Ferkel. Eine kombinierte Selektion von Geburtsgewicht und Anzahl lebend geborener Ferkel ist sehr wichtig, weil mit Zunahme der Wurfgröße das Geburtsgewicht linear abnimmt (je zusätzliches Ferkel um 44g). RÖHE (2001) strebt ein optimales und kein maximales Geburtsgewicht an. Für die Deutsche Landrasse und Large White liegt das Optimum bei 1,7kg. Bei diesem Gewicht sind die zu erwartenden Geburtsschwierigkeiten am geringsten. PRANGE (2001b) wies einen Gewichtsbereich von 1,4 bis 1,6kg als optimales Geburtsgewicht aus. LEE UND HALEY (1995) ermittelten für die Rasse Meishan bei gleichen Beziehungen zwischen Geburtsgewicht und Überlebensrate ein optimales Geburtsgewicht von 0,9kg. Bei kombinierter Selektion auf Geburtsgewicht und Ferkelanzahl wird erwartet, dass sich die Uteruskapazität erhöht (JOHNSON ET AL., 1999; RÖHE, 2001).

Aufgrund einer mittleren maternalen genetischen Veranlagung des Geburtsgewichts ist eine Selektion auf das Merkmal Geburtsgewicht effizienter als eine direkte Selektion auf das Merkmal der Überlebensrate der Ferkel. Untersuchungen von KAUFMANN ET AL. (2000) bestätigen diese These. Der maternale genetische Effekt beschreibt in diesem Modell das Vermögen der Mutter, dem Embryo/Fetus Nährstoffe zur Verfügung zu stellen sowie über eine ausreichende Uteruskapazität und günstige Wachstumsbedingungen zu verfügen. Die geschätzten direkten genetischen Effekte des Ferkels beschreiben im Wesentlichen das Vermögen für intrauterines Wachstum. Die geschätzten Effekte für das Ferkel sind sehr gering, so dass eine züchterische Verbesserung des Geburtsgewichts vornehmlich durch die Konzentration auf maternale Effekte erfolgen kann. Für das Wurfgewicht bei Geburt wird ein mittlerer maternaler genetische Effekt von 0,43 berechnet (RÖHE, 1999) Eine mögliche Nutzung der Variabilität des Geburtsgewichts innerhalb eines Wurfes ist ineffizient, weil die geschätzten Heritabilitäten sehr niedrig sind (KISNER ET AL., 1996). Nach KAUFMANN ET AL. (2000) ist das individuelle Absetzgewicht ein weiteres wichtiges Merkmal. Es wird durch die direkte genetische Veranlagung des Ferkels (0,08) und die maternale genetische Veranlagung der Mutter (0,16) beeinflusst. Der maternale Einfluss auf das Absetzgewicht wird größtenteils durch die Milchleistung und das Säugeverhalten bestimmt. Weil zwischen den täglichen Zunahmen, somit dem Absetzgewicht, und der Milchleistung der Sau sehr enge Beziehungen bestehen, kann das Absetzgewicht indirekt bei einer Selektion aufgrund maternaler genetischer Effekte beeinflusst werden (RÖHE, 2001).

Entscheidend für eine erfolgreiche Zucht ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse von der Reinzucht auf die Kreuzungszucht. Als Maß für den Erfolg wird die genetische Korrelation zwischen Reinzucht- und Kreuzungsleistung ($r_{g(R:K)}$) verwendet. Ist dieser Wert 1, so wird der der Zuchterfolg vollständig von der Reinzuchtpopulation auf die Kreuzungspopulation übertragen. Bestehen geringe Korrelationen zwischen Merkmalen, ist eine kombinierte Selektion nach Reinzucht- und Kreuzungsleistung effizienter. BIJMA UND VAN ARENDONK (1998) ermittelten für Merkmale mit niedriger Heritabilität ($h^2$=0,15) bei einer genetischen Korrelation von $r_{g(R:K)}$=0,9; 0,7 und 0,4 einen um 1,1; 1,3 und 2,2 höheren asymptotischen Zuchtfortschritt bei einer kombinierten Selektion im Vergleich zu ausschließlichen Selektion auf Reinzuchtleistung. Für das Merkmal Anzahl lebend geborener Ferkel werden in der Literatur unterschiedliche genetische Beziehungen zwischen Reinzucht- und Kreuzungsleistung geschätzt. FISCHER ET AL. (1999) schätzten einen Wert von $r_{g(R:K)}$=0,5 bis 0,7, BÖSCH ET AL. (2000) von $r_{g(R:K)}$=0,40 und 0,59 und TÄUBERT UND BRANDT (2000) von $r_{g(R:K)}$=0,7 bis 1. Eine mögliche Ursache für einen niedrigen $r_{g(R:K)}$ - Wert sehen BAUMUNG ET AL. (1997) in Genfrequenzdifferenzen zwischen der Elternpopulation in Kombination mit Epistasie und Dominanz.

### 2.7.2 Molekulargenetischer Ansatz

Eine Verbesserung der Wurfgröße ist aufgrund einer niedrigen Heritabilität sowie aufgrund der Tatsache, dass die notwendigen Informationen erst spät beim weiblichen Tier erhoben werden können, sehr schwierig. Möglicherweise bringt die Nutzung von molekular-genetischen Informationen einen zeitlichen Vorteil. Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Erforschung von Kandidatengenen, die zum Fruchtbarkeitsgeschehen eine enge physiologische Beziehung aufweisen. Wichtige der bis heute bekannten Kandidatengene können das Östrogen-Rezeptor-Gen (ESR) auf Chromosom 1, das Osteopontin auf Chromosom 8, das Retinol- Bindungsprotein 4 Gen (RBP4) auf Chromosom 14 und das Prolaktin-Rezeptor-Gen (PRLR) auf Chromosom 16 sein (RÖHE, 2001). Zwischen den Populationen können die Effekte dieser Gene variieren. SHORT ET AL. (1997) beschrieben den positiven Effekt des B-Allels des Östrogen-Rezeptor-Gens (ESR) auf die Anzahl lebend geborener Ferkel mit +0,39 im ersten Wurf und 0,31 in den folgenden Würfen. Im Gegensatz dazu konnten LEGAULT ET AL. (1996) keinen Einfluss des ESR-Genotyps auf die Wurfgröße feststellen; DRÖGEMÜLLER ET AL. (1999) fanden in der Deutschen Landrasse generell keinen ESR-Polymorphismus. RÖHE (2001) vermutet als Ursache für diese große Variation, dass die

Kandidatengene nicht direkt die Ursache für die Fruchtbarkeitsleistung sind. Vielmehr geht er davon aus, dass sie mit dem ursächlichen Gen eng gekoppelt sind.

Das Scannen nach QTL (Quantitative Trait Loci) ist eine weitere molekulargenetische Methode. Nach CASSADY (1999) befindet sich jeweils ein QTL auf den Chromosomen 5 und 13, das die Totgeburten beeinflusst, ein QTL auf Chromosom 9, das die Anzahl Ovulationen beeinflusst und ein QTL auf Chromosom 11 mit einem Einfluss auf Anzahl Ferkel je Wurf. Weil die Effekte ähnlich dem der Kandidatengene zwischen den Populationen variieren können, schlägt RÖHE (2001) vor, für die jeweilige Population mit Hilfe eines BLUP-Tiermodells zu prüfen, ob ein Effekt vorhanden ist oder nicht. Ziel ist eine kombinierte Selektion nach dem bisherigen Zuchtwert und einem QTL-Zuchtwert.

# 3 Zielstellung

## 3.1 Ausgangssituation und Ableitung der Arbeitsaufgabe

Die Optimierung der Anzahl vitaler Ferkel mit ausgeglichenen Geburtsmassen stellt das größte Potenzial bezüglich der Fruchtbarkeit beim Schwein dar. Die Thematik ist unter den Aspekten Ökonomie, Ethik und Tierschutz außerordentlich bedeutsam. Für eine hohe Anzahl vitaler und aufzuchtwürdiger Ferkel je Wurf ist es notwendig, das Reproduktionspotential von Sauen weitgehend auszuschöpfen. Dieses wird wesentlich durch die Parameter Anzahl ovulierter Eizellen, Befruchtungsrate sowie den Anteil embryonaler und fetaler Mortalität charakterisiert. Die embryonalen und fetalen Verluste werden beim Schwein, wie u.a. im Kapitel 2. ausgewertet, auf etwa 30% geschätzt. Angaben zur Höhe der embryonalen/fetalen Verluste in modernen Zuchtpopulationen sowie zum Zeitraum des Auftretens der Verluste fehlen weitestgehend. Sie bilden jedoch eine wesentliche Grundlage für die Untersuchung kausal und genetisch bedingter Embryonal-/Fetalverluste.

Mit der vorliegenden Promotionsschrift sollten in erster Linie Aussagen zum Ist-Zustand der embryonalen/fetalen Mortalität und der perinatalen Verlusten in modernen Populationen der Deutschen Landrasse getroffen werden. Durch diese Phänotypisierung der in die Untersuchung einbezogenen Sauen soll die Bedeutung embryonaler und fetaler Verluste charakterisiert werden. Entsprechende Erhebungen wurden in Deutschland zuletzt in den 1970/1980er Jahren durchgeführt. Die zu erwartenden Ergebnisse sind notwendige Grundlage für weiterführende Untersuchungen zur Identifizierung von Genomvarianten mit Einfluss auf die Wurfgröße in ausgewählten Familienstrukturen. Hinweise zu einem verbesserten Fruchtbarkeitsmanagement in den untersuchten Betrieben sollten ebenso ableitbar sein. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden weiterhin Substrate aus dem Genitaltrakt der Sauen und von Feten gewonnen, die zu einer Proteom- und Transcriptom-Charakterisierung und der Untersuchung ausgewählter Prozesse der embryo-maternalen Kommunikation dienen. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind jedoch nicht Bestandteil dieser Arbeit.

## 3.2 Themenschwerpunkte und Untersuchungszeiträume

Die Arbeit wird in zwei Themenschwerpunkte untergliedert.

Projekt 1 *Untersuchung der Embryonalen/Fetalen Mortalität*

Das Ziel dieses ersten Teilprojekts lag in der Beschreibung des zeitlichen Auftretens und der Höhe embryonaler sowie fetaler Verluste bei Sauen der Deutschen Landrasse (DL) der modernen Zuchtrichtung. Für eine möglichst genaue Beschreibung der embryonalen und fetalen Mortalität wurden drei biologisch relevante Trächtigkeitstage (TT) untersucht: TT 2/3, TT 30 sowie TT 80.

Projekt 2 *Analyse der Verluste im perinatalen Zeitraum*

In diesem Teilprojekt wurden Daten von ca. 320 Abferkelungen in zwei mitteldeutschen Schweinezuchtbetrieben gesammelt und ausgewertet, um ein aktuelles Bild über die Bedeutung und Ursachen perinataler Verluste in modernen Zuchtrichtung zu erhalten.

# 4 Methodik

## 4.1 Projekt 1. Untersuchung der Embryonalen/Fetalen Mortalität

Das Ziel der Untersuchungen im Projekt 1 war die Ermittlung der Embryonenüberlebensrate im Eileiter und Uterus von trächtigen Jungsauen in verschiedenen Trächtigkeitsstadien. Das Projekt gliedert sich hinsichtlich der zu untersuchenden Stadien während der Trächtigkeit in drei Teilexperimente. Die Teilexperimente, der Zeitpunkt der Untersuchungen, die erfassten Parameter und die Methode der Erfassung sind in Tabelle 18 aufgeführt.

Tab. 18: Teilexperimente Projekt 1

| Teilexperiment | Zeitpunkt der Untersuchung | erfasste Parameter* | Methode |
|---|---|---|---|
| I | 2. TT | Ovar, Eileiter und Uterus, Befruchtung, Eizellenentwicklung | Ovariohysterektomie |
| II | 30. TT | Ovar, Uterus, Embryonen, embryonale Verluste | Schlachtung |
| III | 80. TT | Ovar, Uterus, Feten, fetale Verluste | Schlachtung |

* detaillierte Untersuchungsparameter s. Tabelle 19

Die gewählten Untersuchungszeitpunkte sind von physiologischer Relevanz. Zum 2. TT können anhand der ersten Entwicklungsstadien der Embryonen (Zygoten, Zweizell-Embryonen) Aussagen über den Anteil befruchteter Eizellen getroffen werden. Zum 30. TT ist die Implantation der Embryonen abgeschlossen und es ist der Beginn der fetalen Entwicklungsphase. Verluste bis zum 30. TT sind aus der Differenz zur Anzahl der Gelbkörper zu kalkulieren und sie sind teilweise in Form mazzerierter, mit Blut unterlaufender oder ohne Kontakt zum Uterus frei beweglicher Embryonen erkennbar. Am 80. TT, zu Beginn des letzten Trimesters der Trächtigkeit, können die fetalen Verluste erfasst werden. Abgestorbene und mumifizierte Feten sind klar feststellbar.

### 4.1.1 Versuchsbetrieb

Der Betrieb, die Tierzucht GmbH Langenbernsdorf, ist Mitglied im "Mitteldeutschen Schweinzuchtverband e.V. – MSZV". Das Hauptgeschäftsfeld des Unternehmens besteht in der Zucht von Jungsauen. Es werden 2.600 Sauen ab Erstbelegung gehalten. Diese gliedern sich in 1.800 Sauen der Deutschen Landrasse (DL) und 800 $F_1$ - Tiere aus der Anpaarung mit Deutschem Edelschwein (DE)/Large White oder Deutscher Landrasse (DL). Für die Abferkelung stehen 579 Plätze zur Verfügung. Die Säugezeit ist 28 Tage lang. Insgesamt beträgt die Kapazität für die Jungsauen 4.500 Plätze. Die Aufzucht derselben erfolgt in der Gruppenhaltung. Für die Besamung werden die Sauen in Freß-Liegeboxen gehalten. Nach der der positiven Trächtigkeitsdiagnose ab dem 28. TT werden die Tiere wieder in einer Großgruppe gehalten. Die Gruppengröße variiert zwischen 35 bis 40 Sauen.

Die für die Untersuchung bereit gestellten Zucht-Jungsauen wurden wie betrieblich üblich aufgezogen. Die Tiere wurden nach dem Schema für eine biotechnische Ovulations-synchronisation mit terminorientierter Besamung vorbereitet. Die Jungsauen erhielten täglich über einen Zeitraum von 15 Tagen die für die Synchronisation der Brunst betriebsübliche Menge an Regumate® (4ml; Janssen Cilag GmbH, Neuss, Germany). Zur Stimulation des Follikelwachstums erfolgte eine PMSG-Injektion (800 IE Pregmagon®, IDT Biologica, Dessau-Tornau, Germany) 24 Stunden nach der letzten Regumate®-Fütterung. Zur Stimulation der Ovulation wurde GnRH (50µg Gonavet®, Veyx-Pharma, Schwarzenborn, Germany) 80 Stunden nach PMSG injiziert. Die Jungsauen wurden zweimal, 24 und 36h nach GnRH, besamt.

### 4.1.2 Versuchsgruppen und Probenaufbereitung

Für die Gewährleistung einer optimalen Probenaufbereitung war es notwendig, die Anzahl der zu untersuchenden Sauen auf 5 Tiere pro Untersuchungstag zu begrenzen. Dies galt sowohl für die Durchführung der Ovariohysterektomie im Teilexperiment I als auch für die Schlachtung der Tiere in den Teilexperimenten II und III. Aufgrund der arzneimittelrechtlichen Sperre von 14 Tagen nach der Anwendung von Regumate® konnten die Sauen für die Untersuchungen am 2. TT nicht geschlachtet werden. Die Tiere verblieben nach der Operation im Unternehmen und wurden später als Schlachtschweine vermarktet.

Die Ovariohysterektomien (Teilexperiment I) wurden in der Anlage der Tierzucht GmbH in Langenbernsdorf durchgeführt. Die Versuchstiere der Teilexperimente II und III wurden in der Großschlächterei „Färber“ in Belgern, Sachsen geschlachtet. Bedingt durch die logistischen Voraussetzungen wurden je Teilexperiment zwei Gruppen zu je 15 tragenden Jungsauen gebildet; insgesamt 6 Gruppen à 15 Tiere. Unter Berücksichtigung einer Trächtigkeitsrate von etwa 85% wurden je Gruppe 18 Jungsauen zur Besamung aufgestellt, d.h. insgesamt für alle 6 Gruppen 108 Tiere. Zum Zeitpunkt des jeweiligen Untersuchungstermins standen für das Teilexperiment I 29 trächtige Jungsauen und für die Teilexperiment II und III 34 bzw. 30 tragende Jungsauen zur Verfügung.

Aufgrund der Möglichkeiten, lediglich 5 Sauen pro Tag operieren bzw. schlachten zu können, ergab sich die Notwendigkeit, die jeweiligen Gruppen der Teilexperimente nochmals in drei Untergruppen aufzuteilen. Die Tiere der betreffenden Gruppen wurden jeweils um einen Tag versetzt synchronisiert, um auf diese Weise den jeweils gewünschten Trächtigkeitsstatus am Untersuchungstag zu gewährleisten. Aus organisatorischen Gründen wurden zu Beginn die Tiere für das Teilexperiment II (30. TT), gefolgt von Teilexperiment III (80. TT) und zum Abschluss Teilexperiment I (2. TT) aufgestellt (der entsprechende Zeitplan ist im Anhang dargestellt, A1 und A2).

Die Probengewinnung erfolgte im Teilexperiment I im Anschluss an eine Ovariohysterektomie. Die Tiere wurden dazu mit einer Ketamin/Xylazin-Injektionsnarkose anästhesiert, der Bauchraum durch einen 8–10cm langen Schnitt entlang der *Linea alba* geöffnet, der Uterus mit Eierstöcken hervorgelagert und ligiert, und abschließend mit einem Elektocauter abgesetzt. Nachfolgend wurde die Operationswunde *lege artis* verschlossen. Die Eileiter wurden inklusive der 5cm langen Uterushornspitze freipräpariert. Die Embryonen wurden erstmals durch eine Spülung der Eileiter mit 20ml NaCl – Lösung gewonnen. Anschließend erfolgte eine zusätzliche Spülung mit 40ml NaCl - Lösung. Die Auszählung der Eizellen sowie ihre Beurteilung im Hinblick auf den Entwicklungsstand erfolgt mit Hilfe eines Durchlichtmikroskops (Vergrößerung x 60).

Die Probengewinnung in den Teilexperimenten II und III wurde in einem separaten Raum in der Großschlächterei Färber in Belgern direkt im Anschluss an die Schlachtung der eindeutig identifizierten Tiere vorgenommen. Folgende Parameter wurden je Tier in jedem Teilexperiment erhoben (Tabelle 19).

Tab. 19: Parameter der Untersuchungen

| **Substrate** | **Parameter** |
|---|---|
| Ovar | Anzahl Gelbkörper, Gewicht |
| Eizellen/Embryonen | Anzahl, Entwicklungsstadium |
| Feten | Anzahl, Gewicht, Länge, Geschlecht, Anordnung, Verhältnis Feten/Uteruslänge |
| Uterus und Eileiter | Gewicht, Länge |

Der Ovarstatus wurde durch Auszählen der Gelbkörper festgestellt. Am 2. TT wurden aufgrund des frühen Stadiums der beginnenden Trächtigkeit die Anzahl „frisch“ ovulierter Gelbkörper (c.haem.) gezählt und als Bezugsgröße für spätere Berechnungen zu Grunde gelegt.

Die Gewichte der Ovarien, Embryonen und Feten wurden mit einer digitalen Waage ermittelt. Das Uterusgewicht wurde mit Hilfe einer geeichten Bodenwaage bestimmt. Hierfür wurde der Uterus in ein stabiles 40l Behältnis gelegt. Die Bestimmung der Länge der Feten (SSL) und der Uterushörner erfolgte mit Hilfe eines Messfadens. Aufgrund der Krümmung der Rückenlinie der Feten und des gewundenen Form der Uterushörner war ein starres Maßband ungeeignet. Der Faden wurde an der Rückenlinie der Feten bzw. an den Uterushörnern angelegt und die erfasste Länge anschließend an einem starren Maßband abgelesen.

Die Bestimmung der Seite der Uterushörner erfolgte, indem der entnommene Fortpflanzungstrakt des Tieres mit den Uterusbändern nach unten auf dem Untersuchungstisch ausgelegt wurde (vgl. Abbildung 7). Die Embryonen und Feten wurden jeweils ausgehend von den Hornspitzen fortführend entnommen, gewogen und in ihrer Entwicklung beurteilt. Als intakt wurden die Embryonen mit einer intakten Eihülle, gefüllt mit klarer, durchscheinender Allantoisflüssigkeit, eingestuft. War die Hülle um den Embryo defekt, wurde der Embryo als nicht lebensfähig eingestuft. Das Gewicht wurde dennoch erfasst. Wenn der Embryo bereits Anzeichen einer beginnenden Zersetzung aufwies, wurde er ebenfalls als nicht lebensfähig eingestuft. Das Gewicht konnte in diesen Fällen nicht ermittelt werden. Die Bestimmung der Lebensfähigkeit der Feten am 80. TT erfolgte visuell nach Anzeichen einer Mumifizierung. Alle Feten wurden gewogen. Mit Ausnahme der mumifizierten Feten wurde das Geschlecht bestimmt.

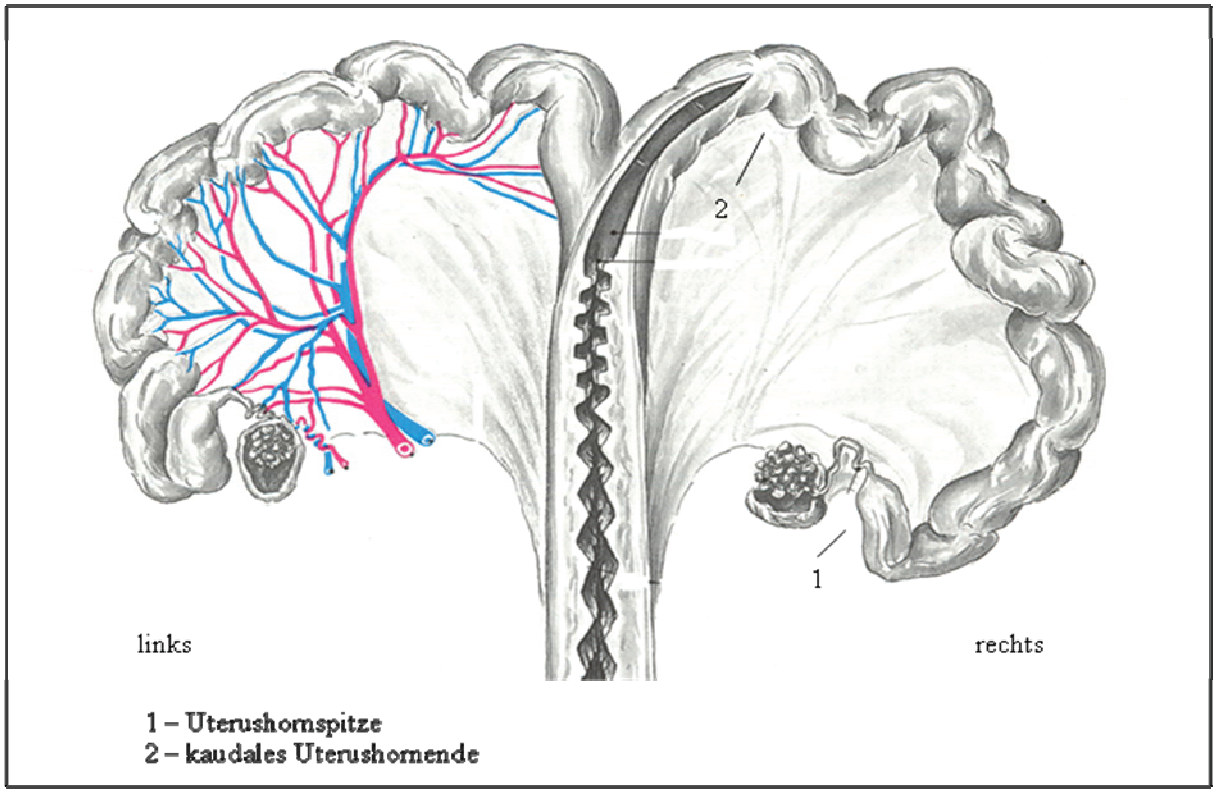



Abb. 7: Schematische Darstellung des Fortpflanzungstraktes des weiblichen Schweines zur Feststellung der Körperseite (verändert nach KOCH, 1981)

Am 30. und 80 TT. wurden an Implantationsstellen und an Nichtimplantationsstellen Gewebeproben entnommen. Dies erfolgte mit einer Schere. Die Proben wurden konserviert und später einer Proteom- und Transkriptomanalyse unterzogen.

Die Bestimmung der embryonalen und fetalen Mortalität erfolgte unter Berücksichtigung der Werte zur Anzahl CL und der Anzahl Embryonen und Feten. Die mathematische Formel für die embryonale Mortalität lautete:

$$y = [1 – (\text{Anzahl Embryonen}/\text{Anzahl CL})] * 100$$

Weiterhin wurden die embryonalen Verluste kalkuliert, die unter Berücksichtigung der intakten Embryonen wie folgt berechnet wurden:

$$y = [1 – (\text{Anzahl intakter Embryonen}/\text{Anzahl CL})] * 100$$

Für die Bestimmung der fetalen Mortalität und der fetalen Verluste wurden analog die Anzahl intakter Feten eingesetzt. Das Ergebnis zur fetalen Mortalität in der Differenz zum Ergebnis der embryonalen Mortalität ergibt das Maß an Verlusten, die zwischen dem 30. und 80. TT auftreten.

## 4.2 Projekt 2. Analyse der Verluste im perinatalen Zeitraum

### 4.2.1 Versuchsbetriebe

Die Daten wurden in zwei verschiedenen Unternehmen erhoben. Betrieb A ist Mitglied im Mitteldeutschen Schweinezuchtverband e.V., Betrieb B wird durch das Zuchtunternehmen PIC betreut. Die Betriebsgröße der Betriebe ist vergleichbar mit etwa 300 Sauen zum Zeitpunkt der Untersuchung. Unterschiede bestehen zwischen beiden Betrieben hinsichtlich der Besamung. In Betrieb A wird die terminorientierte, in Betrieb B die duldungsorientierte Besamung durchgeführt. Das hat zur Folge, dass die Abferkelungen in Betrieb A konzentrierter in einem bestimmten Zeitraum stattfinden. Die Gruppengrößen zur Abferkelung sind differenziert. Diese variieren von etwa gleich bleibend 40 Sauen in Betrieb A bis zu teilweise nur 10 Sauen in Betrieb B. Die Abferkelungen finden im dreiwöchigen Rhythmus statt. In beiden Betrieben wird zum Zeitpunkt der Abferkelung eine Ferkelwache eingesetzt. Die Intensität der Überwachung der Abferkelung ist in beiden Betrieben unterschiedlich. In Betrieb B erfolgt die Kontrolle der abferkelnden Sauen im 30 Minuten Abstand. Jedes geborene Ferkel wird an der Bordwand der Abferkelbucht mit Kreide vermerkt. Ein Stocken im Geburtsverlauf ist so leicht zu erkennen. In Betrieb A ist die Ferkelwache nicht nur mit der Überwachung der Geburten beauftragt. Die Zeitabstände zwischen den Kontrollen der abferkelnden Sauen sind in diesem Betrieb länger. In beiden Betrieben erfolgt eine Neugeborenenversorgung der Ferkel. Diese werden trockengerieben und an das Gesäuge angesetzt. Bei Stockungen im Geburtsverlauf wird in beiden Betrieben vor einer medikamentellen Unterstützung der Sau jeweils der Geburtskanal auf stecken gebliebene Ferkel untersucht.

### 4.2.2 Datenerfassung

Die Termine zur Dokumentation der Abferkelung wurden zufällig gewählt. Bedingt durch die baulichen Gegebenheiten in beiden Betrieben (mehrere Abferkelabteile) war die Unterstützung durch zusätzliche studentische Hilfskräfte (FH Anhalt) zur Datenerfassung notwendig. In Betrieb A war der Zeitraum der Abferkelung gut planbar. Die Datenaufnahme erfolgte nach telefonischer Absprache mit dem Betriebsleiter. Im Regelfall begann die Datenerfassung in der Nacht von Mittwoch zu Donnerstag für die Dauer von 24 Stunden. In Betrieb B wurde mit der Datenerfassung ebenfalls nach telefonischer Rücksprache begonnen. Die

Wochentage waren bedingt durch die duldungsorientierte Besamung variabel. Bei jedem Abferkeltermin wurde eine Stichprobe an Abferkelungen (Minimum 2; Maximum 28) dokumentiert. Es war nicht möglich, alle Abferkelungen zu betreuen. Die Auswahl der zu dokumentierenden Abferkelungen vor Ort unterlag dem Zufallsprinzip und der Tatsache, welche Sau mit der Abferkelung begann.

Die Wägung der Ferkel erfolgt mit einer handelsüblichen Angelwaage. Diese ist einfach zwischen den Abferkelabteilen zu transportieren und nicht an eine externe Stromversorgung gebunden. An der Waage wurde ein 20 Liter Eimer befestigt. In diesem Eimer konnte das neugeborene Ferkel weitgehend ohne Stress und ohne Gefährdung des Tieres gewogen werden. Für jeden Betrieb waren eigene Waagen und Eimer vorhanden. Die Dokumentation der Daten erfolgt mit Hilfe eines Fragebogens (siehe Anhang, A3). Für das Ferkel wurden Geschlecht, Geburtsgewicht, Zeitpunkt der Austreibung und Zustand der Nabelschnur erfasst. Zudem wurde festgestellt, ob das Ferkel zum Zeitpunkt der Geburt lebend oder tot war. Als tot geboren wurden die Ferkel dokumentiert, die keine Herztätigkeit und keine Atmung aufwiesen. Ferkel, die im Verlauf der nächsten Stunde nach der Abferkelung verstarben, wurden als lebend geborene Ferkel gezählt. Für die Sau wurden die Wurfnummer, das Geburtsdatum sowie Daten zur Anpaarung erhoben. Durch den Aufwand, die jeweiligen Zeitpunkte der Austreibung der Ferkel festzustellen und zu dokumentieren, war die Anzahl der zu betreuender Abferkelungen begrenzt. Als obere Grenze waren abhängig von den jeweiligen Gegebenheiten 5–8 Sauen anzusehen. Jede studentische Hilfskraft wurde vor Beginn der Untersuchung in die Handhabung der Waage eingewiesen, d.h. im Besonderen in die Beachtung der Einstellung der Waage nach dem Befestigen des Eimers. Ein weiterer Punkt war das Abgleichen der Uhren, um bei Pausen oder einem Wechsel bei der Betreuung einer Abferkelung eine akkurate Dokumentation des Zeitpunktes der Austreibung der Ferkel zu gewährleisten.

## 4.3 Auswertung der Ergebnisse

Die Erfassung und Aufbereitung der Daten erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL 2007 (MS Office), die statistische Auswertung mit dem Programm SPSS Version 17.0. Die Daten wurden mit Hilfe des Kolmogorow-Smirnow-Testes auf ihre Normalverteilung hin geprüft. In Abhängigkeit zur Datenart wurden im Weiteren verschiedene Testverfahren angewandt. Die Parameter Zustand der Nabelschnur, Geschlecht und Zustand des Embryos / Fetuses oder Ferkels zur Geburt (lebend oder tot) oder selbst gebildete Kategorien

sind nominale Daten. Metrische Daten sind z.B. die Anzahl an Eizellen, Embryonen und Feten, das Geburtsgewicht oder der Zeitabstand zwischen der Geburt zweier Ferkel. Nominale Daten können lediglich in einer Varianzanalyse als Faktor auf ihren Einfluss auf metrische Daten überprüft werden. Die Prüfung einer Beziehung zwischen nominalen Daten kann mittels Chi-Quadrat-Test erfolgen. Metrische Daten werden mittels Regressions- und Varianzanalyse hinsichtlich möglicher sachlogischer Zusammenhänge untereinander geprüft. Bei einer Varianzanalyse wird die Gleichheit der Varianzen mittels F-Test überprüft, da diese im Allgemeinen eine Grundbedingung darstellt. Der LEVENE-Test untersucht ebenfalls die Homogenität der Varianzen. Eine Korrelationsanalyse ist nur zwischen metrischen Daten möglich. Die Bestimmung der Korrelationskoeffizienten erfolgte nach der Methode von Pearson.

Für die Parameter Anzahl CL, Anzahl insgesamt gefundener Embryonen und Feten sowie Anzahl intakter Embryonen und Feten wurde für TT 30 und TT 80 eine Clusteranalyse durchgeführt. Dieses Verfahren ist ein Struktur entdeckendes multivariates Analyseverfahren. Es dient der Ermittlung von Gruppen, deren Eigenschaften oder deren Ausprägung von Eigenschaften innerhalb der Gruppen möglichst ähnlich und zwischen den Gruppen möglichst verschieden sind. Es ist sowohl für metrische als auch für nominale Daten möglich. Das Prüfen des Abstandes zwischen Daten bzw. den Parametern kann mit verschiedenen Methoden erfolgen. Das Prüfen des geringsten Abstandes zwischen Daten wird als Single Linkage Methode bezeichnet. Die Complete Linkage Methode prüft den größten Abstand zwischen den vorhandenen Daten, bei der Ward Methode wird für die zu gruppierenden Daten jeweils ein Mittelwert gebildet und der Abstand zueinander beurteilt. Die Bewertung der Ähnlichkeiten der Daten erfolgt bei metrischen Daten mittels Differenzbestimmung, bei nominalen Daten mit der Bestimmung der Häufigkeiten. Ziel ist es bei metrischen Daten, Differenzen so gering wie möglich zu erhalten. Diese Bestimmung des Abstandes erfolgt mit Hilfe des euklidischen Verfahrens. Um den Einfluss hoher Zahlenwerte auf kleinere zu vermeiden, z.B. der Anzahl CL auf das Gewicht der Embryonen, werden alle Daten auf ein einheitliches Niveau auf z-Werte transformiert. Mit Hilfe dieser Verfahren wird ein Dendogramm erstellt. Auf der Grundlage dieses Verzeichnisbaumes wird, abgeleitet von der Fragestellung, die Anzahl Cluster bestimmt. Hinsichtlich des methodischen Vorgehens wird generell zwischen der hierarchischen Clusteranalyse (schrittweiser Aufbau von Gruppen) und der Clusterzentrenanalyse (schrittweise Verbesserung von per Zufall erstellten Gruppen) unterschieden. In den vorliegenden Untersuchungen wurden die erfassten Parameter mit der Single Linkage Methode für TT 30 und der Complete Linkage Methode für TT 80 beurteilt.

# 5 Ergebnisse

## 5.1 Projekt 1. Untersuchung der Embryonalen/Fetalen Mortalität

Insgesamt wurden 93 Jungsauen der Deutschen Landrasse in die Untersuchungen einbezogen. Für die Versuche im Teilexperiment I (TT 2) standen 29 Tiere, in Teilexperiment II (TT 30) 34 Tiere und in Teilexperiment III (TT 80) 30 Tiere zur Verfügung.

### 5.1.1 Embryonale/fetale Verluste

Die Daten in Tabelle 20 geben eine Übersicht zur Höhe der Ovargewichte sowie zur Anzahl Gelbkörper (CL) und der Höhe der embryonalen und fetalen Mortalität in den untersuchten Trächtigkeitsabschnitten.

Tab. 20: Ermittelte Daten zum Ovargewicht, zu den Anzahlen CL, Embryonen und Feten sowie zur embryonalen/fetalen Mortalität in den Teilexperimenten I - III

| **Parameter** | **TT 2** Teilexperiment I | **TT 30** Teilexperiment II | **TT 80** Teilexperiment III |
|---|---|---|---|
| Anzahl Sauen (n) | 29 | 34 | 30 |
| Ovargewicht in g (MW ± SD) | 6,5 ± 1,9[a] | 8,8 ± 2,4[b] | 10,6 ± 2,8[c] |
| Anzahl CL (MW ± SD) | 25,3 ± 9,3 | 22,8 ± 8,8 | 20,5 ± 6,5 |
| Anzahl Eizellen/Embryonen/ Feten (MW ± SD) | 15,9 ± 6,7[a] | 17,0 ± 4,5[a] | 12,3 ± 3,5[b] |
| davon intakt (MW ± SD) | 11,0 ± 6,9 | 13,5 ± 4,3 | 11,8 ± 3,6 |
| embryonale/fetale Mortalität in % ($CL_{gesamt}$ : Embryonen / $Feten_{gesamt}$) | 36,6 ± 18,3[a] | 20,5 ± 18,8[b] | 35,6 ± 23,0[a] |
| embryonale/fetale Verluste in % ($CL_{gesamt}$ : Embryonen / $Feten_{intakt}$) | 56,4 ± 23,5 | 36,9 ± 20,0 | 37,9 ± 23,8 |

[a, b, c] $p<0,05$

Das Ovargewicht erhöhte sich mit Fortschreiten der Gravidität; die Mittelwerte unterscheiden sich zwischen den Teilexperimenten signifikant ($p<0,05$), wobei keine Homogenität der Varianzen festgestellt werden konnte. Zwischen der Anzahl Gelbkörper und dem

Ovargewicht bestehen hohe signifikante Korrelationen von 0,80 zum TT 30 und 0,74 zum TT 80 ($p<0,01$). Die ermittelte Anzahl Gelbkörper verringert sich zahlenmäßig mit Fortschreiten der Trächtigkeit zwischen den Sauen der Teilexperimente, die Standardabweichung wird ebenfalls geringer. Die Unterschiede konnten statistisch nicht abgesichert werden. Zu allen drei Untersuchungszeitpunkten war die mittlere Anzahl CL auf der linken Körperseite höher als auf der rechten, 13,5 *vs.* 12,3 an TT 2, 12,8 *vs.* 10,0 an TT 30 und 10,7 *vs.* 10,1 an TT 80. Die Anzahl gefundener Eizellen, Embryonen und Feten differiert zwischen den Teilexperimenten. Den höchsten Wert weisen die Sauen am 30. TT mit 17 Embryonen auf. Die Differenz der Mittelwerte konnte für die Sauen am 2. und 30. TT zu den Sauen am 80. TT statistisch auf einem Niveau von $p<0,05$ nachgewiesen werden. Die Unterschiede in der ermittelten Anzahl intakter Eizellen, Embryonen und Feten zwischen den Teilexperimenten sind statistisch nicht zu sichern. Die geringste embryonale/fetale Mortalität wurde für die Sauen in Teilexperiment II ermittelt. Statistisch belegte Unterschiede ($p<0,05$) wurden dabei für die Sauen der Teilexperimente I und III jeweils zum Teilexperiment II gefunden. Die Homogenität der Varianzen war für keinen der untersuchten Parameter gegeben.

Die embryonalen Verluste bis zum 2.TT sind hoch. Berücksichtigt man jedoch die Auffinderate der Eizellen (63,4%) nach dem Ausspülen der Embryonen aus dem Eileiter, so kann etwa von Verlusten auf dem Niveau des 30. und 80.TT ausgegangen werden. Die embryonalen Verluste zum 30. TT betrugen 36,9%. Die fetalen Verluste betrugen, ausgehend von der Differenz zwischen Teilexperiment II und III, ein Prozent.

### 5.1.2 Beziehungen zwischen der Anzahl CL und der Anzahl insgesamt gefundener und intakter Eizellen/Embryonen/Feten und den Verlustraten

Zwischen der Anzahl CL und der Anzahl insgesamt gefundener Eizellen zum TT 2 besteht ein mittlerer Zusammenhang. Die lineare Trendlinie weist ein Bestimmtheitsmaß ($R^2$ Wert) von 0,559 auf. Die Untersuchung der Anzahl CL in Bezug zur Anzahl intakter Eizellen verdeutlicht einen geringeren Zusammenhang. Die lineare Trendlinie weist ein niedrigeres Bestimmtheitsmaß von 0,296 auf (vgl. Abb. 8). Bei einer Bewertung dieser Zusammenhänge ist die Auffinderate von 63,4% zu berücksichtigen.

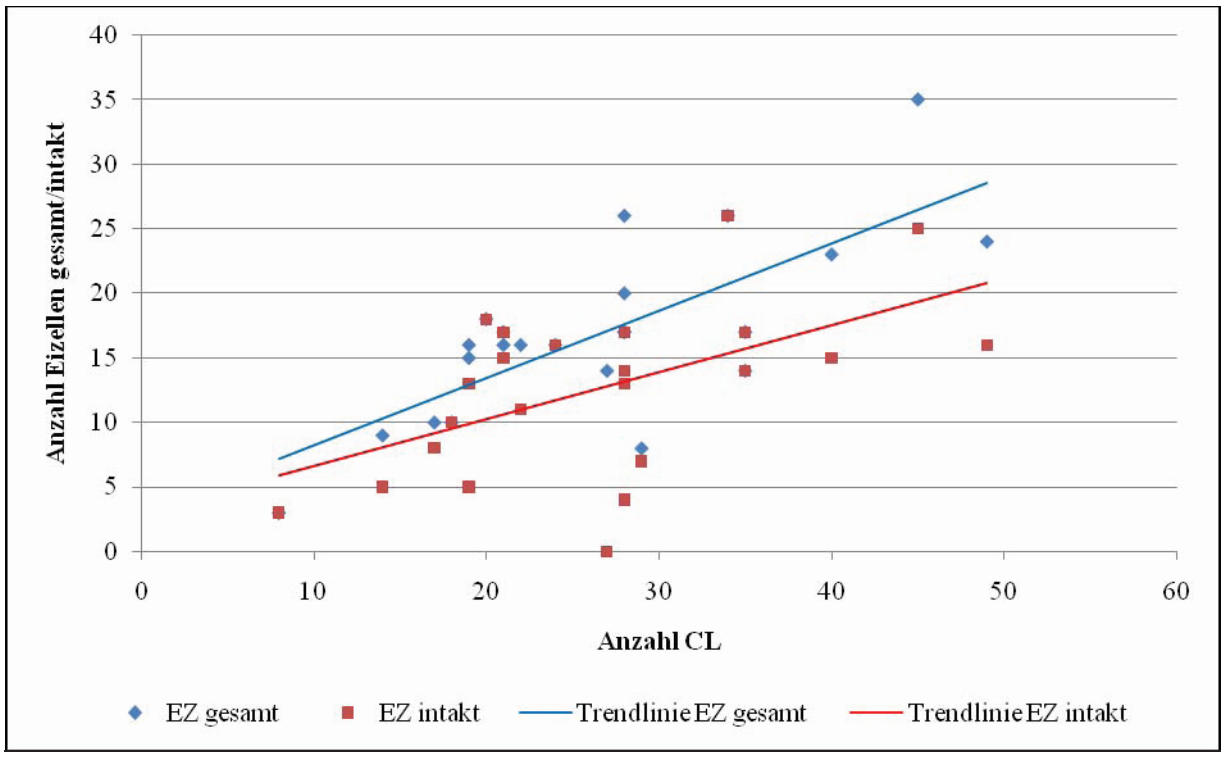



Abb. 8: Beziehung zwischen der Anzahl CL und der Anzahl Eizellen gesamt und intakt zum TT 2

Untersuchungen zur Gesamtanzahl Embryonen (TT 30) bzw. Feten (TT 80) in Bezug zur Anzahl CL ergaben nur für die frühe Phase der Trächtigkeit einen leichten Zusammenhang (Abb. 9). Das Bestimmtheitsmaß ($R^2$ Wert) der Gleichung zur Beschreibung des Zusammenhanges beträgt für den 30. TT in einer polynomischen Funktion zweiten Grades 0,48.

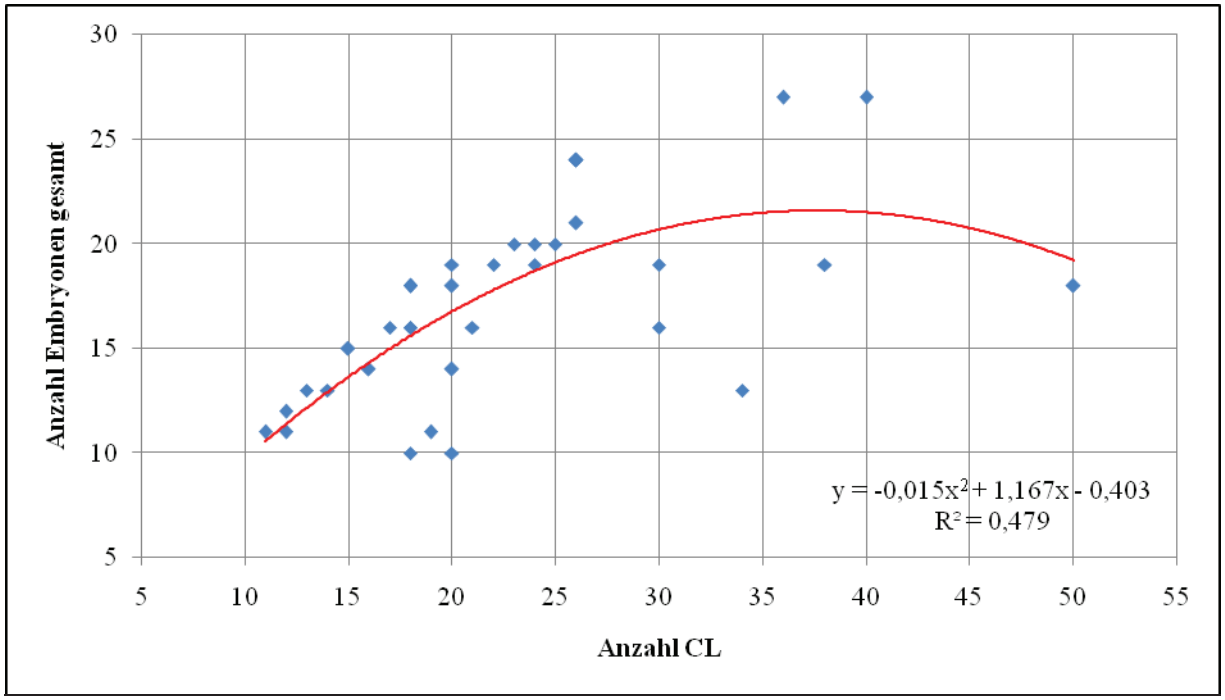



Abb. 9: Beziehung zwischen der Anzahl CL und der Anzahl Embryonen gesamt zum TT 30

Zum 80. TT ist unabhängig von der Wahl der mathematischen Funktion ein Zusammenhang zwischen der Anzahl CL und der Gesamtanzahl Feten sowie intakter Feten jeweils nur mit einem $R^2$ Wert um 0,05 gegeben.

Eine Regressionsanalyse der Anzahl CL in Bezug zur Anzahl intakter Embryonen ergab unabhängig von der Wahl des mathematischen Models (linear, logarithmisch, quadratisch, kubisch, exponentiell) $R^2$ Werte von maximal 0,34. Ein Zusammenhang zwischen diesen Größen ist demzufolge nur schwach ausgeprägt. Dieses Ergebnis wird durch eine Korrelationsanalyse der Parameter Anzahl CL und Anzahl insgesamt gefundener und intakter Embryonen bestätigt. Die Anzahl CL weist zum 30. TT einen Korrelationskoeffizienten zur Anzahl $Embryonen_{gesamt}$ von 0,593 und zur Anzahl $Embryonen_{intakt}$ einen niedrigeren von 0,497 auf. Die Korrelationen sind jeweils auf dem Niveau von $p<0,01$ hochsignifikant. Eine Korrelationsanalyse der Anzahl CL zur der Gesamtanzahl der Feten und intakter Feten (TT 80) zeigt mit 0,178 (Feten gesamt) und 0,094 (Feten intakt) keine Zusammenhänge.

Die Differenz zwischen insgesamt gefundenen und intakten Embryonen und Feten ist bei den Sauen in Teilexperiment III geringer als bei Sauen in Teilexperiment II. Zum 30. TT sind die Verluste höher. Dieser Zusammenhang wurde mit einer Regressionsanalyse verdeutlicht. In Abbildung 10 ist jeweils das Verhältnis insgesamt gefundener und intakter Embryonen (TT 30) und Feten (TT 80) dargestellt.

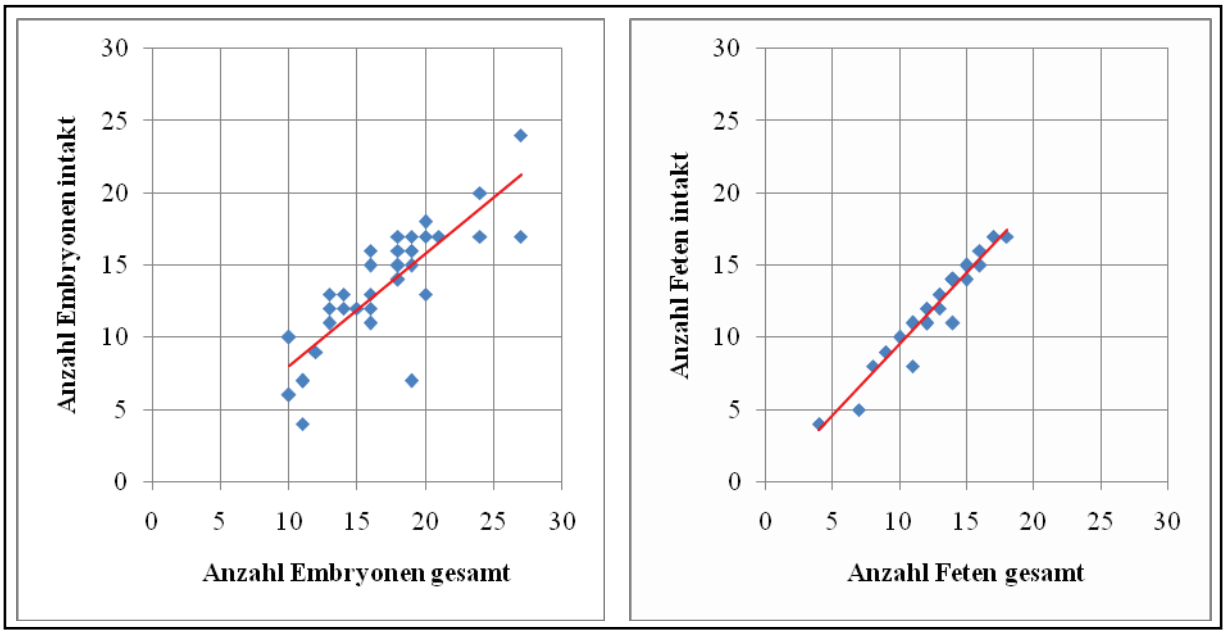



Abb. 10: Zusammenhang zwischen der Anzahl insgesamt gefundener und intakter Embryonen und Feten an den TT 30 und 80

Eine Gerade beschreibt den Zusammenhang dieser Größen am genauesten. Der $R^2$ Wert für die Regressionsgerade für den 30. TT (y = 0,78x + 0,259) ist dabei mit 0,673 geringer als für die Regressionsgerade zum 80. TT (y = 0,992x – 0,37) mit 0,942. Beide Geraden sind nur für den Bereich der vorhandenen Werte für die Anzahl CL und intakter Embryonen/Feten gültig (vgl. Abb. 10). Unter der Bedingung, dass die Geraden jeweils ihren Ursprung im Nullpunkt haben, lauten die Gleichungen für TT 30 y = 0,794x mit einem $R^2$ Wert von 0,673 und für TT 80 y = 0,964x mit einem $R^2$ Wert von 0,941. Eine gesteigerte Gesamtanzahl an Embryonen und Feten geht mit einer erhöhten Anzahl intakter Embryonen und Feten einher. Die Differenz zwischen der Gesamtanzahl an Embryonen/Feten und der Anzahl intakter Embryonen/Feten ist für Embryonen am TT 30 größer als für Feten am TT 80. Eine Betrachtung der Korrelationen bestätigt diesen Unterschied. Zwischen der Anzahl $Embryonen_{gesamt}$ und $Embryonen_{intakt}$ besteht ein hochsignifikanter ($p<0,01$) Zusammenhang von 0,821. Der entsprechende Wert für die Anzahl der $Feten_{gesamt}$ zur Anzahl $Feten_{intakt}$ beträgt 0,971 ebenfalls auf einem hochsignifikanten Niveau von $p<0,01$.

Für eine genauere Betrachtung der Anzahl intakter Embryonen (TT 30) und Feten (TT 80) in Verbindung mit der jeweiligen Verlustrate in Abhängigkeit zur Anzahl Gelbkörper wurde die Anzahl CL in drei Klassen unterteilt (≤18 CL, 19–24 CL und ≥25 CL).

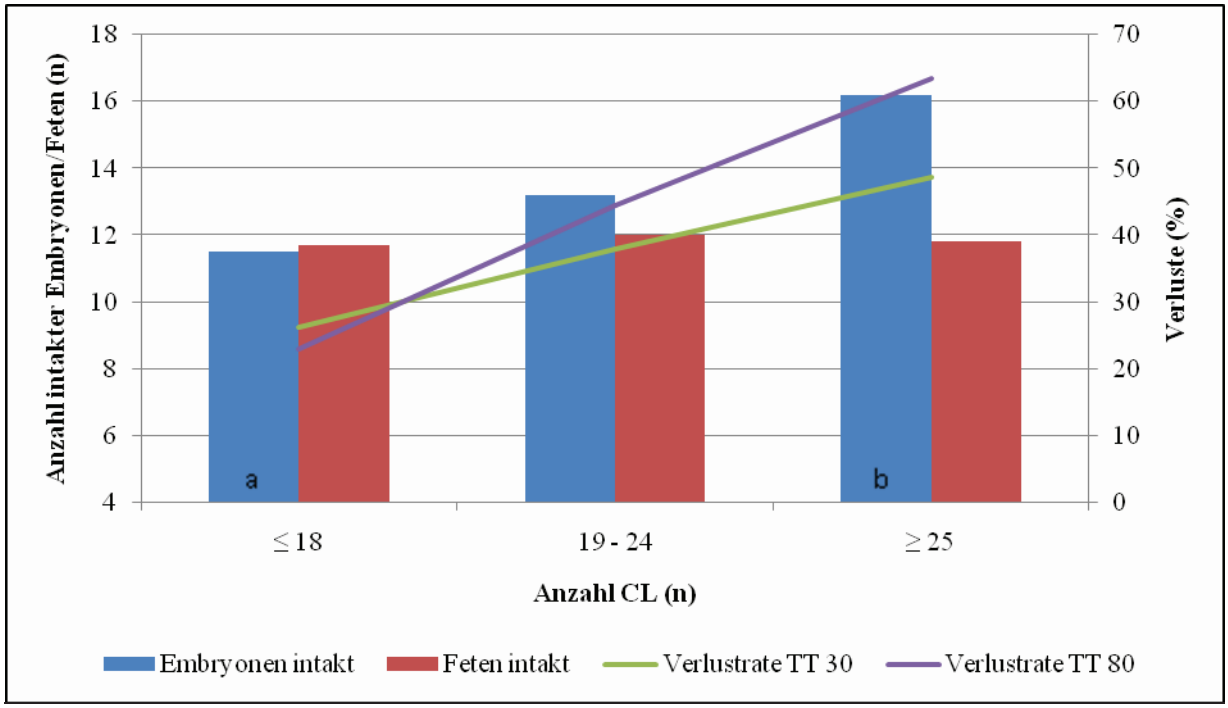



Abb. 11: Zusammenhang zwischen der Anzahl CL, der Anzahl intakter Embryonen sowie der Verlustrate zum TT 30 und TT 80 ($^{a, b}$ $p<0,05$)

Die Auswertung der Anzahl intakter Embryonen und Feten ergab nur für den 30. TT einen Zusammenhang zwischen einer Erhöhung der Anzahl Ovulationen und einer höheren Anzahl intakter Embryonen (Abb. 11). Ein signifikanter Unterschied besteht zwischen der 1. und der 3. Klasse ($p<0,05$); die Anzahl intakter Embryonen steigt von 11,5±3,9 auf 16,2±3,7. Die Anzahl intakter Feten unterscheidet sich zwischen den Klassen nicht. Die Verlustraten steigen für den 30. und für den 80. TT mit einer erhöhten Anzahl CL an (Abbildung 11 und Tabelle 21). Die embryonalen Verluste erhöhen sich von 26,3% (Klasse 1) auf 48,7% (Klasse 3).

Tab. 21: Mittlere (± SD) Verlustraten an TT 30 und TT 80 in Abhängigkeit zur Anzahl CL

| **Parameter** | **≤18 CL** | **19-24 CL** | **≥25 CL** |
|---|---|---|---|
| Verlustrate (%) TT 30 | 26,3 ± 20,2[a] | 38,0 ± 18,8 | 48,7 ± 15,0[b] |
| Verlustrate (%) TT 80 | 23,0 ± 19,3[a] | 44,5 ± 20,8[b] | 63,4 ± 11,2[b] |

[a, b] $p<0,05$

Statistisch gesicherte Unterschiede bestehen zwischen den Werten der Klasse 1 und 3 ($p<0,05$). Die fetalen Verluste erhöhten sich in Abhängigkeit von der Anzahl CL von 23,0% in Klasse 1 auf 63,4% in Klasse 3. Die Differenz der Mittelwerte der ersten Klasse ist signifikant zu den Mittelwerten der zweiten und dritten Klasse ($p<0,05$). Zwischen den fetalen Verlustraten der zweiten und dritten Klasse besteht kein signifikanter Unterschied. Eine Homogenität der Varianzen war für keinen der vier untersuchten Parameter gegeben. Eine Korrelationsanalyse verdeutlicht den generellen Zusammenhang zwischen der Anzahl Ovulationen und der Verlustrate im Verlauf der Trächtigkeit. Es bestehen hoch signifikante mittlere Korrelationen zum TT 30 $r=0,5$ und zum TT 80 $r=0,63$ ($p<0,01$).

### 5.1.3 Qualität, Verteilung und Längenwachstum der Embryonen/Feten

Im Projekt 1 wurden insgesamt 1.404 Eizellen, Embryonen und Feten erfasst (Tab. 22). Am TT 2 befanden sich 95,9% der intakten Eizellen (n=305) im IV-Zellstadium, 13 Eizellen wiesen das II-Zellstadium auf. Zusätzlich zu den c. haem. wurden bei neun Jungsauen insgesamt 17 Graafsche Follikel gefunden. Bei vier Jungsauen wurden Tertiärfollikel (<5mm) festgestellt. Nur 8 von 29 Jungsauen (27,6%) wiesen corpora alibicantia (c.a.) auf und hatten so mindestens einen Zyklus durchlaufen. Bei vier Jungsauen wurden am Ovar insgesamt fünf Zysten diagnostiziert. Der Anteil intakter Embryonen/Feten variierte insgesamt zwischen 69,0 und 95,9%. Am TT 30 betrug der Anteil degenerierter/mazerierter Embryonen 20%, am TT 80 lag der Anteil mumifizierter Feten bei 4,1%.

Tab. 22: Anzahl und Qualität der ermittelten Embryonen/Feten am TT 2, TT 30 und TT 80

| **Embryonen/Feten** | **TT 2** | **TT 30** | **TT 80** |
|---|---|---|---|
| Anzahl (n) | 461 | 576 | 369 |
| intakt (n) | 318 | 461 | 354 |
| [%] | [69,0] | [80,0] | [95,9] |
| unbefruchtet/degeneriert (n) | 143 | - | - |
| [%] | [31,0] | | |
| degeneriert (n) | - | 91 | - |
| [%] | | [15,8] | |
| mazeriert/mumifiziert (n) | - | 24 | 15 |
| [%] | | [4,2] | [4,1] |

Die Daten zur Gewichts- und Längenentwicklung der Embryonen und Feten, der Uterushornlänge je Embryo/Fetus sowie Daten zu den Sauen an den TT 30 und 80 sind in Tabelle 23 dargestellt. Das Gewicht der Embryonen betrug am TT 30 im Durchschnitt 1,42g. Die intakten Embryonen weisen im Vergleich zu den toten Embryonen ein um 0,1g höheres Körpergewicht auf. Dieser Unterschied ist hochsignifikant mit $p<0,01$, wobei die Homogenität der Varianzen nicht gegeben ist. Am 80. TT sind die Unterschiede zwischen den Körpermassen intakter und bereits mumifizierter Feten gemäß der fortgeschrittenen Entwicklung größer. Intakte Feten weisen ein Gewicht von 391,2g, mumifizierte Feten ein Gewicht von 80,8g auf. Einhergehend mit der Körpermassenentwicklung ist auch die Körperlänge bei den intakten Feten größer als die der mumifizierten Feten. Zwischen dem Körpergewicht und der Körperlänge besteht eine hohe positive Korrelation von 0,748 auf dem Niveau von $p<0,01$.

Die numerische Verteilung der Embryonen in den Uterushörnern weist keine und die Verteilung der Feten weist kleine Unterschiede auf, die nicht statistisch abzusichern sind. Zu beachten ist, dass zum TT 80 eine Jungsau nur ein Uterushorn hatte und so die Daten von nur einem Uterushorn in die Auswertung eingegangen sind. Das Längenwachstum der Uterushörner ist für links und rechts leicht unterschiedlich (vgl. Tab. 23); eine Signifikanz liegt nicht vor. Jeder Embryo verursacht ein Längenwachstum der Uterushörner. Am TT 30 betrug der Platz je Embryo im Durchschnitt 24,3±6,6cm. Bis zum TT 80 verändert sich das Platzangebot signifikant auf 41,6±10,7xcm je Fetus ($p<0,01$). Eine Korrelationsanalyse verdeutlicht den sich ändernden Zusammenhang zwischen der Uterushornlänge und der Anzahl Embryonen/Feten im Verlauf der Trächtigkeit. Zum TT 30 besteht kein Zusammenhang, zum TT 80 wird eine mittlere hoch signifikante Korrelation von 0,57 ausgewiesen ($p<0,01$).

Tab. 23: Mittlere (± SD) Gewichte und Längen der Embryonen/Feten, Uterushornlängen und Platz je Embryo/Fetus im Uterushorn am TT 30 und TT 80

| **Parameter** | **30 TT** | **80 TT** |
|---|---|---|
| Anzahl Embryonen/Feten (n) | 576 | 368 |
| Gewicht (g) | | |
| aller Embryonen/Feten | 1,42 ± 0,26 | 384,20 ± 112,22 |
| intakter Embryonen/Feten | 1,43 ± 0,29[a] | 391,18 ± 95,63 |
| toter/mumifizierter Embryonen/Feten | 1,33 ± 0,29[b] | 80,80 ± 85,30 |
| Länge (cm) | | |
| aller Feten | | 24,77 ± 3,17 |
| intakter Feten | | 25,18 ± 2,19 |
| mumifizierter Feten | | 15,13 ± 6,23 |
| Verteilung der Embryonen/Feten (n) | | |
| linkes Uterushorn | 8,44 ± 2,19 | 5,86 ± 1,92 |
| rechtes Uterushorn | 8,53 ± 2,83 | 6,63 ± 2,06 |
| Uterushornlängen (cm) | | |
| mittlere Uterushornlänge | 206,15 ± 38,13 | 260,14 ± 65,66 |
| linkes Uterushorn | 202,09 ± 35,54 | 251,21 ± 62,14 |
| rechtes Uterushorn | 210,21 ± 40,68 | 268,77 ± 68,82 |
| Uterushornlängen (cm je Embryo/Fetus) | | |
| je Embryo/Fetus gesamt | 24,29 ± 6,62 | 41,59 ± 10,71 |
| je Embryo/Fetus links | 23,94 ± 6,46 | 42,85 ± 14,02 |
| je Embryo/Fetus rechts | 24,64 ± 8,66 | 40,52 ± 12,38 |

[a, b] $p<0,05$

Das Platzangebot je Embryo/Fetus unterscheidet sich nicht hinsichtlich der Körperseite. Im Durchschnitt sind die Uterushörner vom TT 30 zum TT 80 um 54cm gewachsen. Das im Vergleich dazu erhöhte Platzangebot je Fetus ist auf die geringere Fetenanzahl im Vergleich zur höheren Anzahl an Embryonen begründet. Zusammenhänge zwischen dem Platzangebot und der Verlustrate konnten für den TT 30 statistisch nicht gesichert werden. Die Korrelation betrug 0,19. Am TT 80 bestand ein leichter gesicherter Zusammenhang zwischen dem Platzangebot je Fetus und der Verlustrate. Die Korrelation betrug 0,39. Diese ist auf einem Niveau von $p<0,05$ (2-seitig) signifikant.

### 5.1.4 Einfluss der Uterushornlänge auf die Gesamtanzahl an Feten und die Anzahl intakter Feten

Für den TT 30 konnten mathematisch keine Zusammenhänge zwischen der Uterushornlänge, der Gesamtanzahl an Embryonen sowie der Anzahl intakter Embryonen bestätigt werden. Das Bestimmtheitsmaß der Regressionsanalysen betrug unter 0,1, Korrelationen lagen zwischen 0,05 und 0,2, eine Varianzanalyse konnte ebenfalls keine Abhängigkeit aufzeigen. Eine Regressionsanalyse der Daten zum TT 80 zeigt einen Zusammenhang zwischen der Uteruslänge insgesamt und der Anzahl Feten insgesamt. Am exaktesten wird dieser mit einer kubischen Funktion ($y = - 0{,}44x^3 + 12{,}77x^2 - 87{,}46x + 503{,}6$) beschrieben. Das Bestimmtheitsmaß beträgt 0,44. Eine Beurteilung des Zusammenhanges beider Parameter hinsichtlich der Körperseite verdeutlicht Unterschiede. Der Korrelationskoeffizient für die linke Seite ist mit 0,45 auf einem Niveau von $p<0{,}05$ signifikant, für die rechte Seite ist der Koeffizient mit 0,65 auf einem Niveau $p<0{,}01$ signifikant.

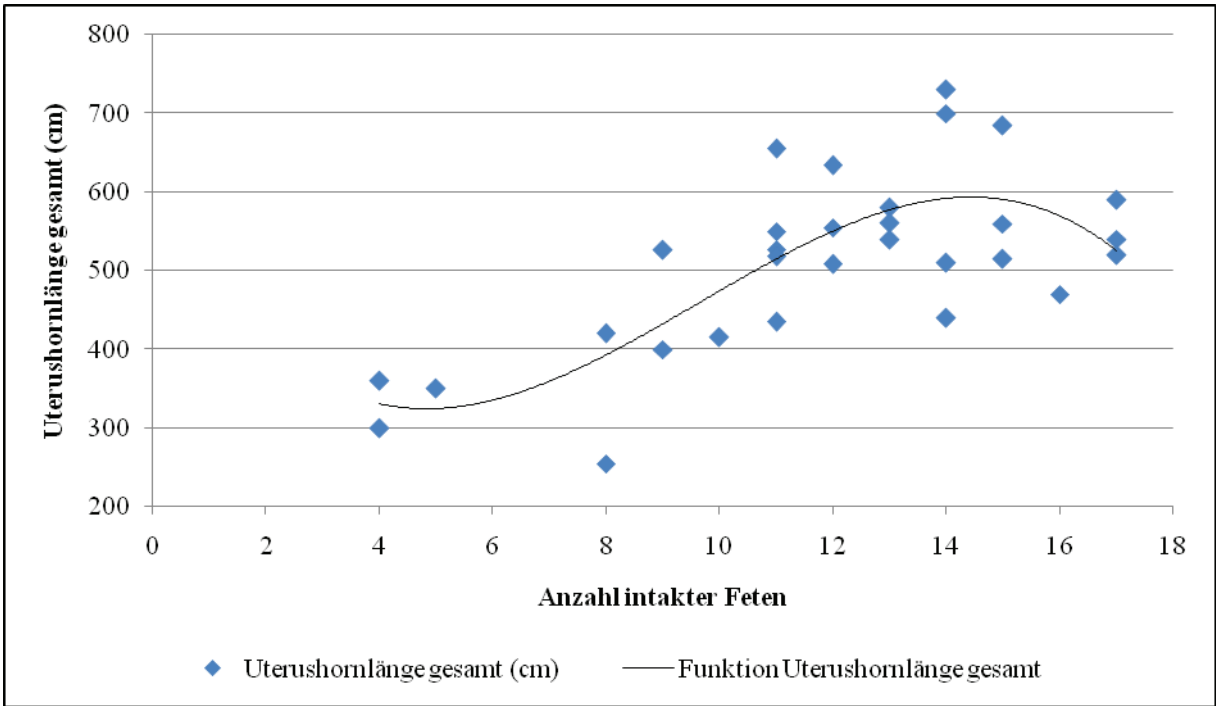



Abb. 12: Zusammenhang zwischen der Uterushornlänge gesamt und der Anzahl intakter Feten am TT 80

Eine Betrachtung der Uterushornlänge gesamt zur Anzahl intakter Feten weist in einer Regressionsanalyse ebenfalls mit einer Beschreibung durch eine kubische Funktion ($y = - 0{,}607x^3 + 17{,}56x^2 - 127{,}2x + 597{,}1$) das höchste Bestimmtheitsmaß auf, $R^2 = 0{,}56$. In Abbildung 12 wird der mathematische Zusammenhang dargestellt.

### 5.1.5 Einfluss der Uterushornlänge auf die körperliche Entwicklung der Feten

Für jeden Fetus wurde am TT 80 das Einzelgewicht dokumentiert. Das Platzangebot kann lediglich als Mittelwert für das jeweilige Uterushorn und Tier ausgehend von der Uterushornlänge ermittelt werden. Eine exakte Bestimmung während der Datenerhebung auf dem Schlachthof war nicht möglich.

Für eine Beurteilung des Zusammenhanges zwischen dem Platzangebot je Fetus und der Gewichtsentwicklung wurde je Uterushorn die Summe der Gewichte der Feten ermittelt und der Länge des betreffenden Uterushorns gegenübergestellt. Mit einer Regressionsanalyse konnte für beide Körperseiten nachgewiesen werden, dass ein längeres Uterushorn und damit im Durchschnitt mehr Platz mit einer besseren Gewichtsentwicklung einhergeht. Auf der rechten Seite ist dieser Zusammenhang deutlicher ausgeprägt. Für beide Körperseiten ist die lineare Regressionsfunktion am genausten. Die Gleichungen der Regressionsfunktion lauten für die rechte Seite $y = 9{,}09x + 80{,}36$ und für die linke Seite $y = 8{,}94x + 18{,}77$. Das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,661 für die rechte Seite höher als für die linke Seite mit 0,506. Eine Korrelationsanalyse bestätigte diesen Unterschied. Für die linke Seite betrug der Korrelationskoeffizient zwischen der Summe der Fetengewichte und der Länge des Uterushorns 0,712, für die rechte Seite war der Korrelationskoeffizient mit 0,813 höher. Beide Korrelationen sind auf dem Niveau von $p<0{,}01$ signifikant. Die Körperseite hat auf das Einzelgewicht und die Körperlänge des Fetus keinen Einfluss. Weibliche Feten sind tendenziell kleiner und leichter als männliche Feten. Statistisch ist dieser Unterschied nicht zu belegen. Die deskriptive Statistik zur Körpergröße und –länge der Feten ist in Tabelle 24 nach Geschlecht dargestellt.

Tab. 24: Deskriptive Statistik zur Körpergröße und -länge der Feten nach Geschlecht am TT 80

| | **Anzahl** | **Mittelwert** | **SD** | **Minimum** | **Maximum** |
|---|---|---|---|---|---|
| Gewicht (g) | | | | | |
| Männlich | 182 | 402,65 | 91,48 | 120 | 612 |
| Weiblich | 171 | 391,18 | 95,62 | 120 | 580 |
| Mumie | 15 | 80,80 | 85,26 | 16 | 350 |
| Länge (cm) | | | | | |
| Männlich | 182 | 25,44 | 2,15 | 19 | 31 |
| Weiblich | 171 | 24,90 | 2,20 | 18 | 30 |
| Mumie | 15 | 15,13 | 6,23 | 5 | 24 |

### 5.1.6 Anordnung der Feten im Uterus hinsichtlich Platz und Geschlecht und mögliche Auswirkungen auf das Gewicht

Im Folgenden wurde die Gewichtsentwicklung der Feten am TT 80 in Bezug zu ihrer Anordnung im Uterus untersucht. Dabei wurden die mittleren Gewichte der ersten beiden Feten (an der jeweiligen Hornspitze) mit den mittleren Gewichten von zwei Feten in der Mitte des Horns und den mittleren Gewichten der beiden Feten am kaudalen Ende des Horns miteinander verglichen (siehe Abb. 7, S. 51). Für jede Sau standen so zwei Datensätze (je Uterushorn) zur Verfügung, die einer Varianzanalyse unterzogen wurden. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Feten an der Hornspitze tendenziell das höchste Gewicht mit 425,8g±77,6g aufweisen. Die Feten in der Mitte des Uterushorns scheinen am leichtesten mit einem Gewicht von 396,3g±90,2g. Am Ende des Uterushorns weisen die Feten wiederum ein erhöhtes Gewicht auf mit 412,9g±90,6g. Die Unterschiede konnten statistisch nicht abgesichert werden.

Der Einfluss des Geschlechtsverhältnisses auf die körperliche Entwicklung wurde analysiert. Die Untersuchung erfolgte in einer ersten Betrachtung separat für jedes Uterushorn und in einer zweiten Analyse im Komplex für beide Uterushörner eines Tieres. Das Geschlechtsverhältnis wurde prozentual ermittelt und der körperlichen Entwicklung der männlichen und weiblichen Feten gegenübergestellt. Im Ergebnis einer Varianzanalyse zeigte sich kein Zusammenhang weder für das einzeln Uterushorn noch für die Tier bezogene Analyse. Im Weiteren wurden die Anordnung der Geschlechter in Verbindung mit der Position des Fetus im Uterus und ein potentieller Einfluss auf die körperliche Entwicklung im Vergleich zu den Wurfgeschwistern des gleichen Geschlechts geprüft. Untersucht wurden acht verschiedene Varianten; ein weiblicher Fetus zwischen zwei männlichen Feten, ein männlicher Fetus zwischen zwei weiblichen Feten, ein männlicher bzw. weiblicher Fetus an der Uterushornspitze mit entweder einem weiblichen oder männlichen benachbarten Fetus und ein männlicher bzw. weiblicher Fetus am kaudalen Uterushornende mit entweder einem weiblichen oder männlichen benachbarten Fetus. Es wurden mittels Varianzanalyse kein Einfluss der Position des Fetus und kein Zusammenhang mit dem Geschlecht des benachbarten Fetus nachgewiesen.

### 5.1.7 Clusteranalyse zum TT 30 und TT 80

Die Clusteranalyse ist ein Hilfsmittel zur Darstellung, auf welche Art und Weise eine bestimmte Anzahl an intakten Embryonen oder Feten durch die Sauen realisiert werden. Die Daten der Jungsauen zur Anzahl CL sowie der insgesamt gefundenen und intakten Embryonen/Feten zum TT 30 und TT 80 wurden einer Clusteranalyse unterzogen und auf der Basis der Ähnlichkeit der Werte Gruppen (Clustern) zugeordnet. Die Anzahl an zu bildenden Gruppen sowie die Anzahl an Tieren je Gruppe wurden nicht vorgegeben. Insgesamt sind die Daten von 64 Jungsauen in die Analyse einbezogen. Ausgehend von der Zuordnung der Jungsauen in die jeweiligen Cluster wurden für TT 30 und 80 die Mortalitäts- und Verlustraten bestimmt.

#### 5.1.7.1 Trächtigkeitstag 30

Die Parameter der Anzahl CL und der Anzahl insgesamt gefundener und intakter Embryonen wurden für die 34 Jungsauen einer Clusteranalyse mit Hilfe der Single Linkage Methode unterzogen. Das Ergebnis ist in Abbildung 13, die deskriptive Statistik in Tabelle 25 dargestellt. Es wurden vier Cluster gebildet. Der mit 64,7% größte Anteil an Jungsauen (n=22) wurde dem Cluster 1 zugeordnet. In Cluster 4 ist die Tieranzahl mit 2 Jungsauen am geringsten. Diese Tiere weisen im Durchschnitt mit 44,0 für die Anzahl CL den höchsten Wert auf (vgl. Tab. 25).

Tab. 25: Deskriptive Statistik zur Clusterbildung am TT 30

| | **Cluster** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Anzahl (n) | 22 | 6 | 4 | 2 |
| CL (MW ± SD) | $21{,}2 \pm 5{,}4^{a}$ | $15{,}3 \pm 4{,}1^{c}$ | $32{,}0 \pm 7{,}1^{b,d}$ | $44{,}0 \pm 8{,}5^{b,d}$ |
| $Embryonen_{gesamt}$ (MW ± SD) | $17{,}0 \pm 2{,}6^{a}$ | $10{,}8 \pm 0{,}8^{b,c}$ | $25{,}5 \pm 1{,}7^{b,d,e}$ | $18{,}5 \pm 0{,}7^{d,f}$ |
| $Embryonen_{intakt}$ (MW ± SD) | $14{,}0 \pm 2{,}7^{a}$ | $7{,}2 \pm 2{,}1^{b,c}$ | $19{,}5 \pm 3{,}3^{b,d}$ | $15{,}0 \pm 0{,}0^{d}$ |
| Mortalitätsrate (MW ± SD) | $16{,}6 \pm 15{,}7^{a}$ | $24{,}1 \pm 23{,}7$ | $18{,}2 \pm 12{,}5$ | $57{,}0 \pm 9{,}9^{b}$ |
| Verlustrate (MW ± SD) | $30{,}2 \pm 18{,}9$ | $51{,}7 \pm 16{,}2$ | $37{,}6 \pm 12{,}3$ | $65{,}3 \pm 7{,}0$ |

a:b; c:d; e:f $p<0{,}05$

Der niedrigste Wert für die Anzahl insgesamt gefundener Embryonen ist für die Tiere in Cluster 2 mit 10,8 zu verzeichnen, der höchste Wert für diesen Parameter für die Tiere im dritten Cluster mit 25,5. Die niedrigsten Werte für alle drei Parameter weisen die Tiere in Cluster zwei auf. Diese Jungsauen haben im Durchschnitt 7,2 intakte Embryonen zum TT 30. Höhere Werte für die Anzahl intakter Embryonen weisen die Jungsauen der Cluster 1, 3 und 4 auf; die höchste Anzahl die Jungsauen in Cluster 3 mit 19,5, gefolgt von den Jungsauen des Clusters 4 mit 15,0 und den des ersten Clusters mit 14,0 intakten Eizellen.

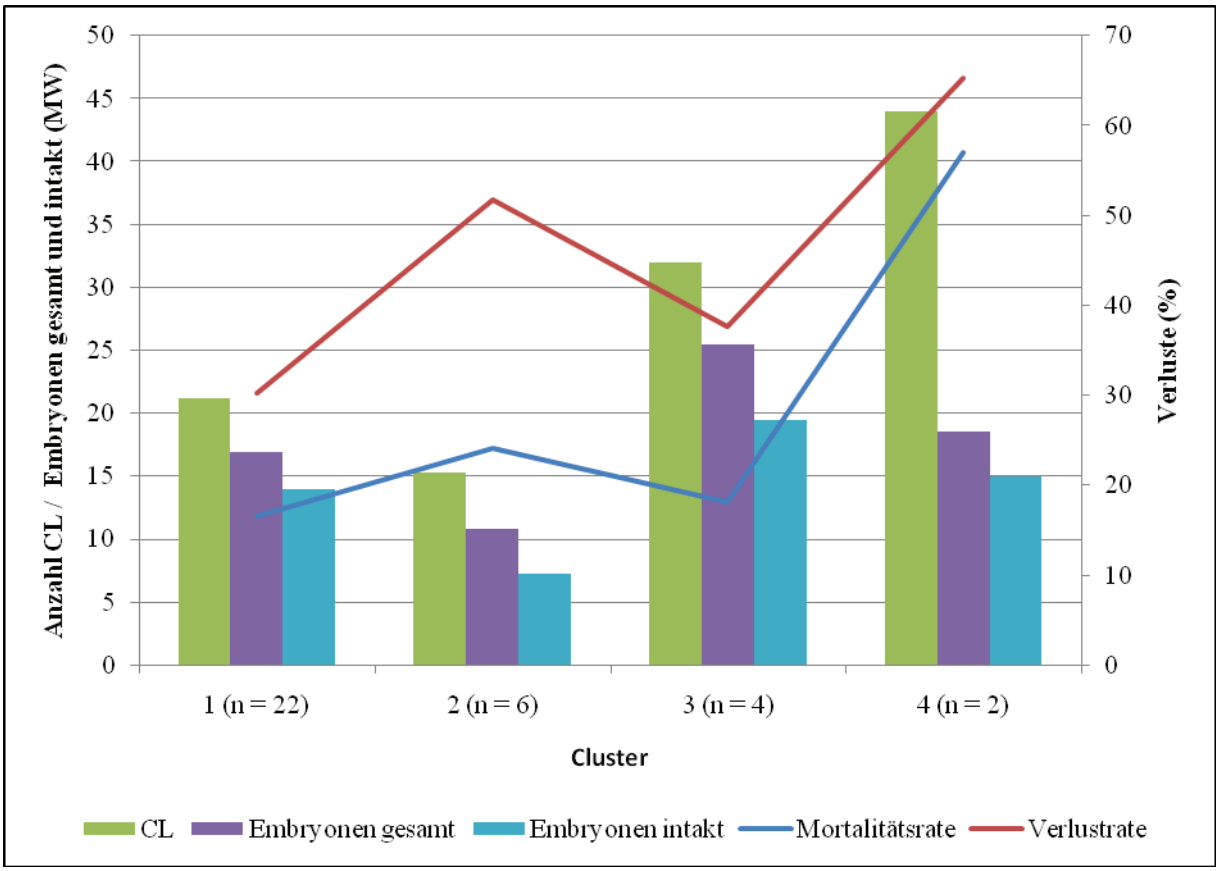



Abb. 13: Darstellung der Anzahl CL, Anzahl Embryonen gesamt und intakt sowie der Höhe der Mortalitäts- und Verlustrate zum TT 30 nach Clusteranalyse (n=34 Jungsauen)

Die Anzahl intakter Embryonen an TT 30 ist zwischen den Tieren in Cluster 1 und 4 nahezu identisch, die Mortalitäts- und die Verlustrate dagegen unterscheidet sich signifikant. Dieser Unterschied zwischen den Jungsauen ist bei einer alleinigen Betrachtung der Anzahl Embryonen oder wäre bei unterstellten vergleichbaren fetalen Verlusten zur Abferkelung nicht zu erkennen.

Die Mortalitäts- und die Verlustraten sind bei den Jungsauen in den Clustern 1 und 3 am geringsten. Aufgrund der zweithöchsten mittleren Anzahl CL weisen die Jungsauen in Cluster 3 die höchsten Ergebnisse für die Anzahl insgesamt gefundener und intakter Embryonen auf.

#### 5.1.7.2 Trächtigkeitstag 80

Für den 80. Trächtigkeitstag wurden die Anzahl CL, die Anzahl Feten und die Qualität der Feten untersucht. Wiederum wurden vier Cluster unter Zuhilfenahme der Complete Linkage Methode gebildet. In Abbildung 14 ist das Ergebnis grafisch dargestellt, die deskriptive Statistik ist in Tabelle 26 ersichtlich. Die Tieranzahl ist im Cluster 1 mit n=14 und im Cluster 4 mit n=10 am höchsten. Das zweite und dritte Cluster weist jeweils eine Tieranzahl von n=3 auf.

Die mittlere Anzahl CL ist bei den Jungsauen im Cluster 2 mit 28,3 am höchsten, den niedrigsten Wert weisen die Jungsauen des Clusters 4 mit im Durchschnitt 14,6 auf. Die höchste Anzahl an insgesamt gefundenen und intakten Feten wurde bei den Tieren in Cluster 1 nachgewiesen. Die Differenz zwischen der Anzahl Feten gesamt und Feten intakt ist in allen vier Clustern gering und deutet auf niedrige fetale Verluste hin.

Tab. 26: Deskriptive Statistik zur Clusterbildung am TT 80

| | **Cluster** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parameter** | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Anzahl (n) | 14 | 3 | 3 | 10 |
| CL (MW ± SD) | $23,3 \pm 5,9^{a}$ | $28,3 \pm 5,1$ | $19,3 \pm 3,5$ | $14,6 \pm 2,2^{b}$ |
| $Feten_{gesamt}$ (MW ± SD) | $14,9 \pm 1,8^{a}$ | $9,7 \pm 1,2^{b,c}$ | $5,0 \pm 1,7^{b,d,e}$ | $11,6 \pm 1,6^{b,f}$ |
| $Feten_{intakt}$ (MW ± SD) | $14,5 \pm 2,0^{a}$ | $8,7 \pm 0,6^{b,c}$ | $4,3 \pm 0,6^{b,d,e}$ | $11,3 \pm 1,5^{b,f}$ |
| Mortalitätsrate (MW ± SD) | $32,3 \pm 17,7^{a}$ | $65,3 \pm 7,8^{b,c}$ | $74,7 \pm 4,5^{b,e}$ | $19,5 \pm 11,8^{d,f}$ |
| Verlustrate (MW ± SD) | $33,9 \pm 18,6^{a}$ | $69,0 \pm 5,6^{b,c}$ | $77,3 \pm 2,1^{b,e}$ | $21,4 \pm 12,6^{d,f}$ |

a:b; c:d; e:f $p<0,05$

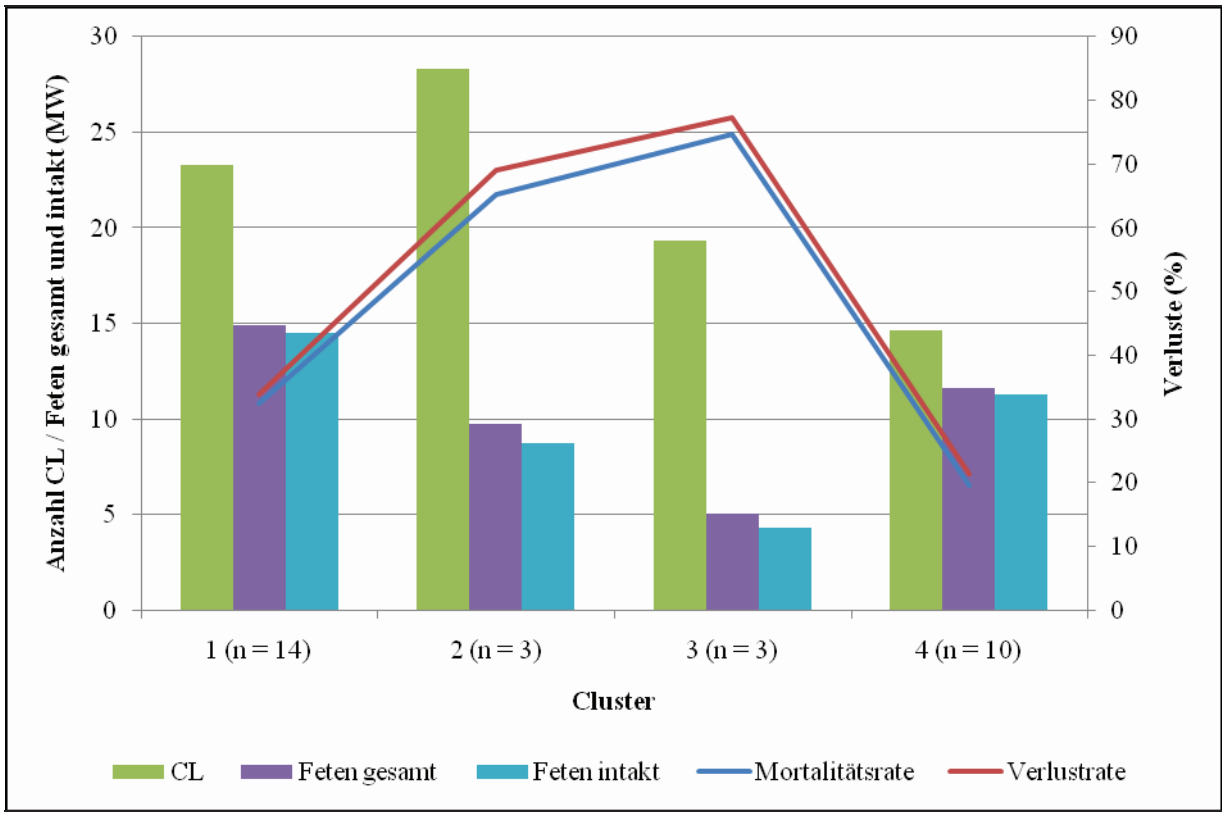



Abb. 14: Darstellung der Anzahl CL, Anzahl Feten gesamt und intakt sowie der Höhe der Mortalitäts- und Verlustrate zum TT 80 nach Clusteranalyse (n=30 Jungsauen)

Die Mortalitäts- und Verlustraten sind in den Clustern unterschiedlich hoch. Die geringsten Raten weisen die Jungsauen in Cluster 4 mit 19,5 und 21,4 auf. Dementgegen sind die entsprechenden Werte für die Tiere in Cluster 3 mit 74,7 und 77,3 um etwa das Vierfache höher.

## 5.2 Projekt 2. Analyse der Verluste im perinatalen Zeitraum

Der Auswertung liegen die Daten von 320 Abferkelungen aus 2 Betrieben zu Grunde. In der Summe wurden Daten von 3.722 insgesamt geborenen Ferkeln dokumentiert. Davon wurden 3.500 Ferkel lebend geboren, 222 verendeten kurz vor oder während der Abferkelung, 96 Ferkel wurden als Mumien dokumentiert. Ein Überblick zum Leistungsstand der in die Untersuchung einbezogenen Sauen in beiden Versuchsbetrieben wird in Tabelle 27 gegeben.

Tab. 27: Leistungsstand der Sauen mit dokumentierter Abferkelung in den Betrieben A und B

| **Parameter** | **Betrieb A** | **Betrieb B** |
|---|---|---|
| Anzahl Würfe | 280 | 40 |
| insgesamt geborene Ferkel / Wurf (St.) | 11,71 (n = 3.278) | 11,10 (n = 444) |
| lebend geborene Ferkel / Wurf St.) | 10,97 (n = 3.072) | 10,70 (n = 428) |
| tot geborene Ferkel / Wurf (St.) | 0,74 (n = 206) | 0,40 (n = 16) |
| mumifizierte Ferkel / Wurf (St.) | 0,31 (n = 88) | 0,20 (n = 8) |

### 5.2.1 Betrieb A

Die Datenaufnahme erfolgte im Zeitraum vom 20.11.2003 bis zum 30.06.2005 an 20 verschiedenen Zeitpunkten. Im Mittel wiesen die Sauen, deren Abferkelung dokumentiert wurde, eine Parität von 3,5 auf. Weibliche Ferkel wiesen im Vergleich zu den männlichen Wurfgeschwistern ein um 50g verringertes Geburtsgewicht auf (♀=1.435g; ♂=1.485g). Mittels einer Varianzanalyse wurde der signifikante Einfluss des Geschlechtes ($p<0,05$) auf das Geburtsgewicht der Ferkel nachgewiesen. Die Homogenität der Varianzen war nicht gegeben. Die geringere Geburtsmasse bei den weiblichen Ferkeln führte nicht zu einem Anstieg im Anteil an Totgeburten. Insgesamt wurden 202 tot geborene Ferkel registriert. Grundlage für die Auswertung in Abhängigkeit zum Geschlecht waren die Daten von 197 tot geborenen Ferkeln, davon 128 männliche und 69 weibliche Ferkel. In Bezug zur Anzahl insgesamt geborener Ferkel wurden mehr männliche (7,53%) als weibliche Ferkel (4,39%; $p<0,05$) tot geboren. Das Geburtsgewicht der tot geborenen männlichen Ferkel betrug 1,26kg, das der weiblichen tot geborenen Ferkel 1,22kg. Der Unterschied ist nicht signifikant. In 45,4% aller dokumentierten Würfe traten toten Ferkel auf. Zusammenhänge zwischen der Streuung der Geburtsgewichte innerhalb eines Wurfes und dem Anteil tot geborener Ferkel sind nicht statistisch zu belegen. Die Korrelationen lagen zwischen 0,0 und 0,1. Die

Entwicklung der durchschnittlichen Geburtsgewichte in Verbindung mit dem Anteil an untergewichtigen Ferkeln je Wurf (<1kg), das Auftreten tot geborener Ferkel und von Mumien sowie die Entwicklung des Anteils an Würfen mit tot geborenen Ferkeln wird in Tabelle 28 in Abhängigkeit zur Wurfgröße in Klassen sichtbar.

Tab. 28: Mittlere (± SD) Parität, Geburtsgewichte der Ferkel, Anzahl TGF und Mumien sowie Anteil an Würfen mit tot geborenen Ferkeln in Bezug zur Anzahl IGF (Betrieb A)

| **IGF / Wurf (n)** | **≤ 9** | **10 - 11** | **12 - 13** | **14 - 15** | **≥ 16** |
|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl Würfe (n) | 61 | 73 | 72 | 46 | 27 |
| Mittlere Parität | 3,3 ± 2,2 | 3,5 ± 2,1 | 3,4 ± 2,1 | 4,0 ± 2,0 | 3,7 ± 1,5 |
| Geburtsgewicht (kg) | 1,6 ± 0,3[a] | 1,5 ± 0,2[c] | 1,4 ± 0,2[b] | 1,4 ± 0,2[b,d] | 1,3 ± 0,2[b,d] |
| Anteil an Ferkeln je Wurf mit einem Geburtsgewicht < 1kg (%) | 9,5 ± 12,7[a] | 7,4 ± 10,9[a] | 12,2 ± 13,6 | 13,2 ± 12,2 | 19,4 ± 17,1[b] |
| TGF / Wurf (n) | 0,3 ± 0,6[a] | 0,6 ± 0,8[c] | 0,9 ± 1,2[b] | 1,0 ± 1,1[b,d] | 1,4 ± 1,2[b,d] |
| Mumien / Wurf (n) | 0,4 ± 0,7 | 0,2 ± 0,6 | 0,4 ± 0,8 | 0,3 ± 0,6 | 0,4 ± 0,7 |
| Anteil Würfe mit TGF (%) | 21,3 | 41,9 | 51,4 | 56,5 | 74,1 |

a:b; c:d; $p<0,05$

Die Wurfnummer der Sauen ist in den Wurfgrößen-Klassen identisch. Mit zunehmender Wurfgröße verringerten sich die Geburtsmassen der Ferkel von 1,56kg auf 1,32kg. Dieser Zusammenhang wird durch den steigenden Anteil an untergewichtigen Ferkeln (<1kg) je Wurf auf bis zu 19,4% bei IGF≥16 bestätigt. Die maximalen Einzelwerte für den prozentualen Anteil an untergewichtigen Ferkeln lagen zwischen 50% (IGF≤9) und 70% (IGF 10-11). Mit einem Ansteigen der Wurfgröße ging eine signifikante ($p<0,05$) Erhöhung der Anzahl tot geborener Ferkel einher. Die mittlere Anzahl stieg von 0,26 (IGF≤9) auf maximal 1,44 (IGF≥16). Die Anzahl an mumifizierten Früchten war für alle untersuchten Wurfgrößen gleich bleibend.

Eine Korrelationsanalyse zeigte signifikante Zusammenhänge auf dem Niveau von 0,01 zwischen der Wurfgröße (IGF) und dem mittleren Geburtsgewicht der Ferkel (-0,331), dem Anteil untergewichtiger Ferkel (0,173), dem Anteil an Würfen mit TGF (0,318) und der

Anzahl TGF (0,352). Die Korrelationskoeffizienten zu und zwischen den anderen Parametern sind in Tabelle 29 dargestellt.

Tab. 29: Korrelationen zwischen den Parametern IGF, mittleres Geburtsgewicht, Anteil untergewichtiger Ferkel, Anteil Würfe mit TGF, TGF und Mumien (Betrieb A)

| | IGF | Mittl. Geburtsgewicht (kg) | Anteil Ferkel <1kg | Anteil Würfe mit TGF | TGF | Mumien |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IGF | 1 | -0,331** | 0,173** | 0,318** | 0,352** | -0,048 |
| Mittleres Geburtsgewicht (kg) | -0,331** | 1 | -0,680** | -0,144* | -0,211** | -0,190** |
| Anteil Ferkel <1kg | 0,173** | -,0680** | 1 | 0,150* | 0,262** | 0,290** |
| Anteil Würfe mit TGF | 0,318** | -0,144* | 0,150* | 1 | 0,804** | 0,001 |
| TGF | 0,352** | -0,211** | 0,262** | 0,804** | 1 | -0,009 |
| Mumien | -0,048 | -0,190** | 0,290** | 0,001 | -0,009 | 1 |

* Die Korrelation ist auf einem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
** Die Korrelation ist auf einem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Mit Hilfe einer Varianzanalyse wurde der potentielle Einfluss des Zeitpunktes der Datenaufnahme geprüft. Es wurde keine Wirkung nachgewiesen.

#### 5.2.1.1 Auftreten toter Ferkel im Wurfverlauf

Das zeitliche Auftreten toter Ferkel im Verlauf eines Wurfes ist in Tabelle 30 beschrieben. Erkennbar ist die absolute und relative Zunahme des Anteils tot geborener Ferkel mit steigender Wurfgröße. Während vom ersten bis vierten Ferkel 1,9% der IGF tot geboren wurden, stieg dieser Anteil kontinuierlich bis auf 18,4% in der Klasse 13. bis 19. Ferkel ($p<0,05$).

Tab. 30: Auftreten tot geborener Ferkel im Verlauf eines Wurfes (Betrieb A)

| | **1. - 4. Ferkel** | **5. - 8. Ferkel** | **9. - 12. Ferkel** | **13. - 19. Ferkel** |
|---|---|---|---|---|
| Anzahl Sauen (MW) | 280 | 271,8 | 207,3 | 41,7 |
| Summe LGF (St.) | 1071 | 1013 | 722 | 266 |
| Summe TGF (St.) | 20 | 52 | 81 | 49 |
| Anteil TGF an IGF in % | 1,87[a] | 5,13[b] | 11,22[c] | 18,42[d] |

[a, b, c, d] $p<0,05$

In Betrieb A wurden 202 tot geborene Ferkel gewogen. Eine Analyse der Austreibungszeit für diese Ferkel im Vergleich zu lebend geborenen Wurfgeschwistern erbrachte Differenzen. Wurde das nächste Ferkel lebend geborenen, betrug der Zeitabstand zum vorherigen Ferkel 21,1min (±30,8min). War das nächste Ferkel verendet, verlängerte sich das Zeitintervall auf 32,6min (±48,5min). Dieser Unterschied wurde mit Hilfe der Varianzanalyse als signifikant bestätigt ($p<0,01$). Die Homogenität der Varianzen war gegeben.

Hinsichtlich des Zustandes der Nabelschnur wurden signifikante Unterschiede ($p<0,05$) zwischen lebend und tot geborenen Ferkeln sichtbar. Der Anteil bereits durchtrennter Nabelschnüre erhöht sich von 32,7% bei lebend geborenen Ferkeln auf 61,3% bei zur Geburt verendeten Ferkeln. Eine Analyse der Zeitabstände in Bezug zum Zustand der Nabelschnur erbrachte keine signifikanten Unterschiede.

In der Betrachtung der Geburtsmassen lebend und tot geborener Ferkel ergaben sich Unterschiede. Lebend geborene Ferkel wiesen ein signifikant höheres Geburtsgewicht von 1,48±0,35kg im Vergleich zu tot geborenen Ferkeln mit 1,25±0,45kg auf ($p<0,01$).

In Abbildung 15 wird die Verteilung der Wurfmassen lebend und tot geborener Ferkel gegenübergestellt.

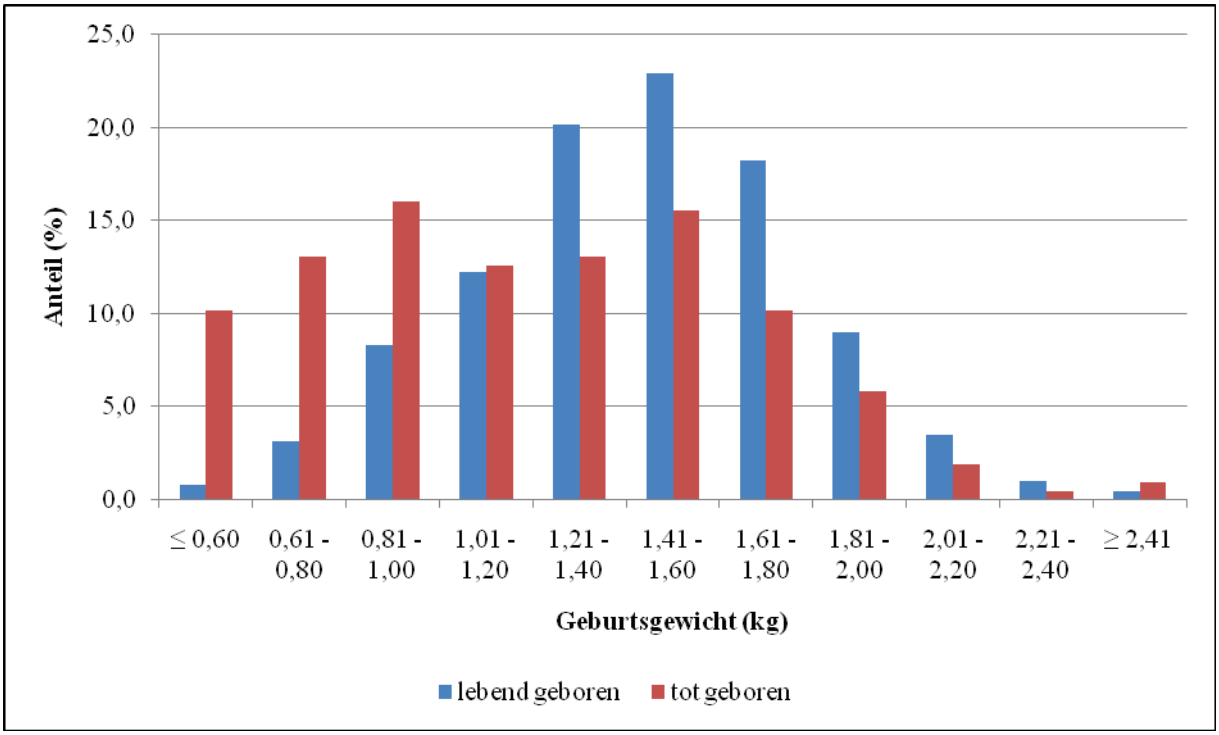



Abb. 15: Geburtsgewichte lebend und tot geborener Ferkel in Betrieb A (n=280 Würfe)

Die Verteilung der Geburtsmassen lebend geborener Ferkel ist eingipflig, während die Geburtsgewichte zur Geburt verendeter Ferkel eine zweigipflige Verteilung aufweisen. Von den toten Ferkeln wiesen 39% lediglich eine Geburtsmasse von bis zu 1,0kg auf; 35% jedoch erreichen Geburtsgewichte von mehr als 1,4kg.

#### 5.2.1.2 Austreibungszeit der Ferkel

Mit zunehmender Wurfgröße ging das mittlere Geburtsgewicht der Ferkel zurück (vgl. Tabelle 28). In Abbildung 16 werden die durchschnittlichen Geburtsgewichte der Ferkel in ihrer Geburtsreihenfolge sowie die zugehörigen Austreibungszeiten dargestellt. Für das erste Ferkel kann kein Wert für die Austreibungszeit ausgewiesen werden. Der erste ermittelbare zeitliche Wert ist das Intervall zwischen der Austreibung des ersten und des zweiten Ferkels. Die Zeitintervalle bis zur Austreibung des nächsten Ferkels waren vom 1. zum 2. Ferkel am höchsten. Dieses Intervall reduzierte sich bis zum 6. Ferkel auf durchschnittliche 15 Minuten. Im weiteren Verlauf des Wurfes unterlagen die Austreibungszeiten großen Schwankungen. Bis zum 10. Ferkel stiegen die Zeitintervalle wieder an, die kürzeste Austreibungszeit wurde

zum 17. Ferkel dokumentiert. Zu berücksichtigen sind die hohen Standardabweichungen, die meist den Mittelwert übersteigen, sowie die sinkenden Ferkelzahlen (vgl. Tabelle 31).

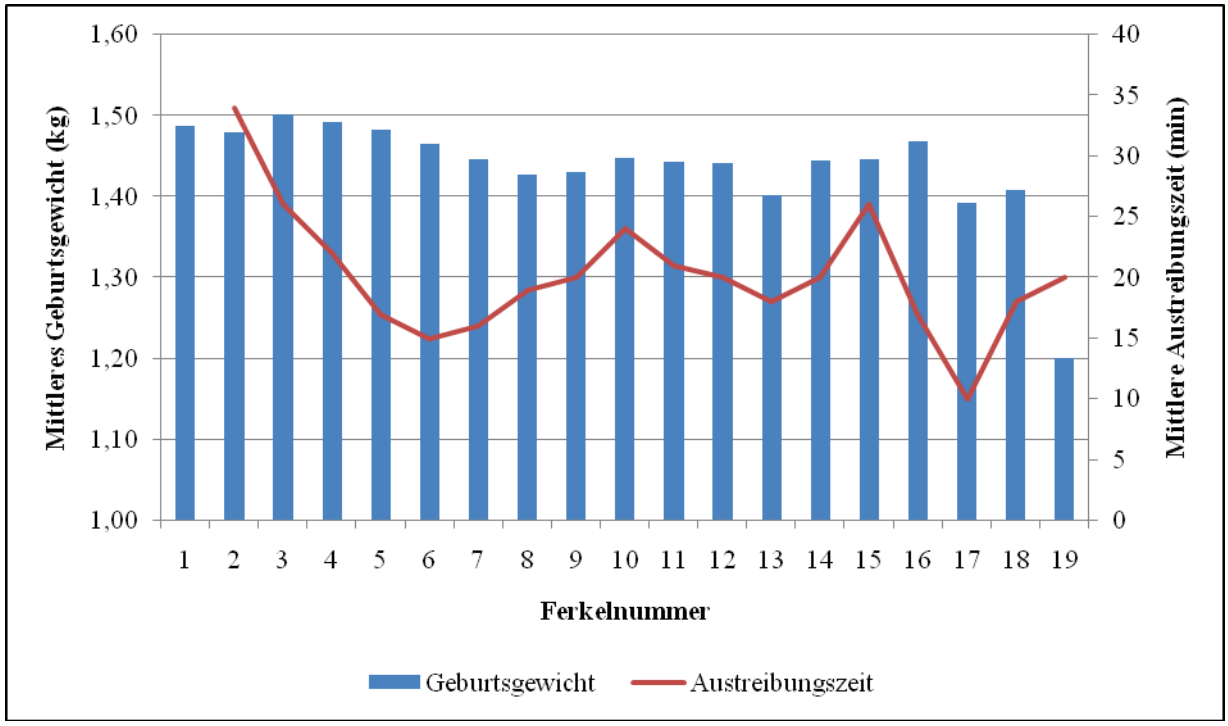



Abb. 16: Mittlere Geburtsgewichte und Austreibungszeiten der Ferkel in der Wurffolge (Betrieb A)

Tab. 31: Mittelwerte und Standardabweichungen des Zeitintervalls (min) bis zur Austreibung des nächsten Ferkels (Betrieb A)

| **Ferkelnr.** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ferkel (n) | 280 | 280 | 280 | 279 | 275 | 271 | 262 | 250 | 227 |
| Mittelwert | 34,3 [a] | 26,2 | 22,4 | 18,1 [b] | 15,8 [b] | 16,9 [b] | 18,9 [b] | 19,8 | 23,4 |
| SD | 41,7 | 30,7 | 27,3 | 22,6 | 18,5 | 26,5 | 26,2 | 33,9 | 41,6 |
| | | | | | | | | | |
| **Ferkelnr.** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** |
| Ferkel (n) | 197 | 155 | 124 | 85 | 57 | 37 | 19 | 6 | 2 |
| Mittelwert | 22,5 | 21,5 | 18,2 | 20,1 | 26,9 | 18,1 | 10,6 | 18,0 | 13,5 |
| SD | 49,2 | 32,4 | 24,7 | 26,7 | 38,8 | 21,8 | 10,3 | 15,3 | 9,2 |

[a, b] $p<0,02$

In einer Korrelationsanalyse wurden hochsignifikante Abhängigkeiten ($p<0,01$) zwischen dem Zeitabstand zwischen zwei Ferkeln und der Anzahl IGF und LGF festgestellt. Zur Anzahl IGF beträgt die Korrelation -0,402, zur Anzahl LGF ist die Korrelation mit -0,424 stärker. Ein kurzes Zeitintervall zwischen der Austreibung von zwei Ferkeln führt zu

signifikant mehr lebend geborenen Ferkeln. Signifikante Unterschiede wurden für das Zeitintervall bis zum Austreiben des zweiten Ferkels im Vergleich zum Zeitintervall des fünften bis achten Ferkels ermittelt. Für die Zeitintervalle zu und zwischen den anderen Ferkeln bestanden keine Zusammenhänge. Die Homogenität der Varianzen war gegeben.

Unabhängig vom Zeitpunkt innerhalb der Geburtsreihenfolge konnte in 58 Fällen die Geburt von zwei Ferkeln zur nahezu gleichen Zeit beobachtet werden. Andererseits lag das Maximum für das Zeitintervall zwischen der Austreibung zweier Ferkel im untersuchten Betrieb bei 430min.

Zwischen der Austreibungszeit und dem Geburtsgewicht der Ferkel besteht kein Zusammenhang. In der Abbildung 17 wird die mittlere Austreibungszeit je Ferkel in Abhängigkeit zum klassifizierten Geburtsgewicht der Ferkel dargestellt. Eine Varianzanalyse verdeutlichte signifikante Unterschiede zwischen beiden Parametern.

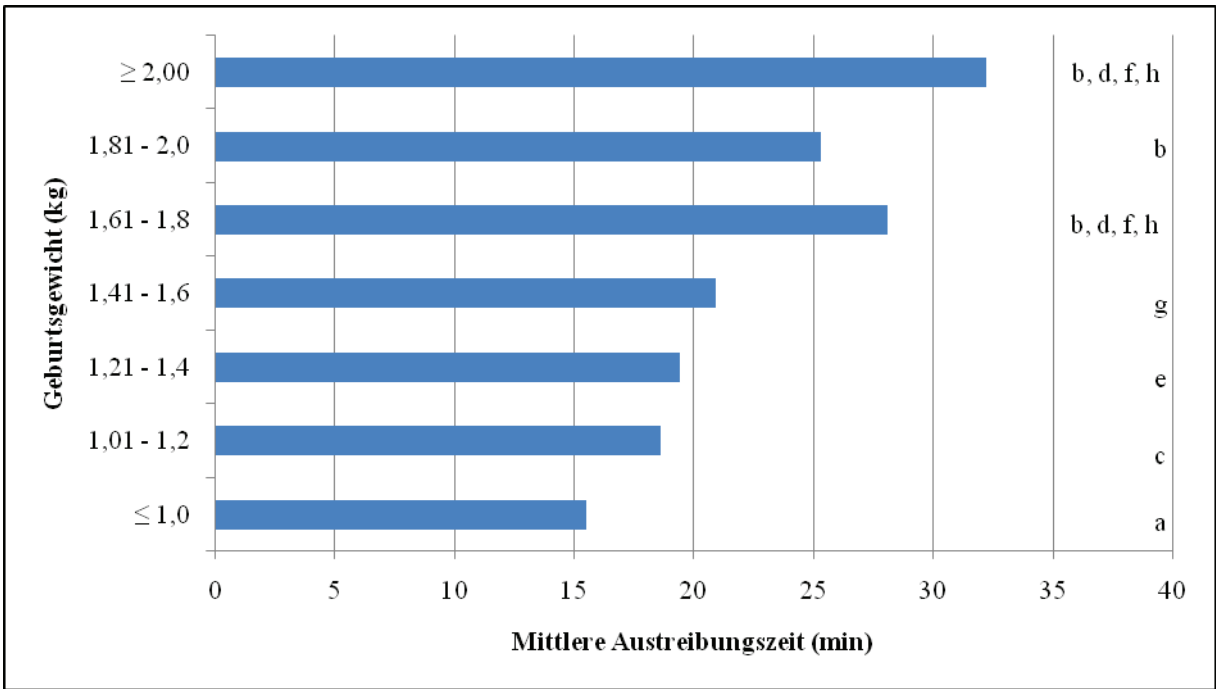



Abb. 17: Mittlere Austreibungszeit (min) der Ferkel in Bezug zum Geburtsgewicht (Betrieb A); $^{a:b;\ c:d;\ e:f;\ g:h}$ $p<0,05$

#### 5.2.1.3 Einfluss der Wurfnummer

Durch die wiederholte Datenaufnahme wurde es möglich, einen repräsentativen Querschnitt hinsichtlich der Altersstruktur der Sauen im Betrieb A zu untersuchen. In die Auswertung zur Wurfnummer gehen die Daten von 279 Würfen ein, für eine Sau konnte keine Wurfnummer ermittelt werden. Von den erfassten Abferkelungen waren 17% Jungsauenwürfe und primipare Sauen waren zu 22% vertreten. Mehr als die Hälfte der Sauen (51%) wies eine Parität von 3 bis 6 auf. Diese Sauen erreichten die höchsten Anzahlen an insgesamt geborenen Ferkeln (Tabelle 32). Die Anzahl lebend geborener Ferkel war bei Sauen der Wurfnummer 4 am höchsten. Für die Anzahl mumifizierter Ferkel war kein Trend in Bezug zur Wurfnummer erkennbar.

Tab. 32: Überblick zur Wurfleistung der Sauen im Bezug zur Wurfnummer (Betrieb A)

| Wurf-nummer | Anzahl Sauen (n) | IGF / Wurf | LGF / Wurf | TGF / Wurf | Mumie / Wurf |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 48 | 11,0 ± 3,1 | 10,4 ± 3,0 | 0,7 ± 1,2 | 0,1 ± 0,3 |
| 2 | 62 | 11,4 ± 2,5 | 10,9 ± 2,4 | 0,5 ± 0,7 | 0,3 ± 0,6 |
| 3 | 48 | 11,4 ± 3,2 | 10,8 ± 3,2 | 0,7 ± 0,9 | 0,5 ± 0,7 |
| 4 | 32 | 12,6 ± 3,3 | 11,9 ± 2,9 | 0,7 ± 1,1 | 0,5 ± 1,1 |
| 5 | 36 | 12,6 ± 2,9 | 11,5 ± 2,7 | 1,1 ± 1,1 | 0,3 ± 0,8 |
| 6 | 28 | 12,2 ± 2,2 | 11,1 ± 2,0 | 1,1 ± 1,0 | 0,3 ± 0,5 |
| 7 | 14 | 11,9 ± 2,5 | 11,1 ± 2,3 | 0,9 ± 1,2 | 0,3 ± 0,6 |
| 8 | 7 | 12,0 ± 2,0 | 11,0 ± 2,0 | 1,0 ± 1,2 | 0,3 ± 0,7 |
| 9 | 3 | 9,3 ± 2,5 | 9,3 ± 2,5 | 0,0 ± 0,0 | 0,7 ± 1,2 |
| 10 | 1 | 9,0 ± 0,0 | 9,0 ± 0,0 | 0,0 ± 0,0 | 0,0 ± 0,0 |
| gesamt | 279 | 11,7 ± 2,9 | 11,0 ± 2,7 | 0,7 ± 1,0 | 0,3 ± 0,7 |

Die Unterschiede in den Mittelwerten für IGF, LGF, TGF und Mumien konnten nicht statistisch abgesichert werden. In Abhängigkeit zur Anzahl der Sauen zu jeder Wurfnummer und unter Berücksichtigung einer gesonderten Betrachtung von Jungsauen und primiparen Sauen wurden für die Wurfnummer Klassen gebildet. Bis auf eine Ausnahme (TGF bei primiparen Sauen) konnten die unterschiedlichen Mittelwerte nicht statistisch abgesichert werden. Ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) besteht für die Anzahl tot geborener Ferkel zwischen den primiparen Sauen und den Sauen zum fünften und sechsten Wurf. In Abbildung 18 wird ausgehend von der Einteilung der Wurfnummer in Klassen der Zusammenhang zwischen dem Ansteigen der Wurfgröße (IGF) und dem Anteil toter Ferkel zur Geburt dargestellt. Hohe An-

zahlen an IGF gehen mit einem gesteigerten Risiko für Totgeburten einher. Bei einer Wurfnummer von 5 bis 6 wurden die höchsten Werte an insgesamt geborenen Ferkeln erfasst. Gleichzeitig wurde ein Anstieg der Totgeburten auf 1,09 Ferkel je Wurf beobachtet. Die geringste Anzahl IGF bei einer gleichzeitig erhöhten Anzahl toter Ferkel je Wurf trat bei Jungsauen auf.

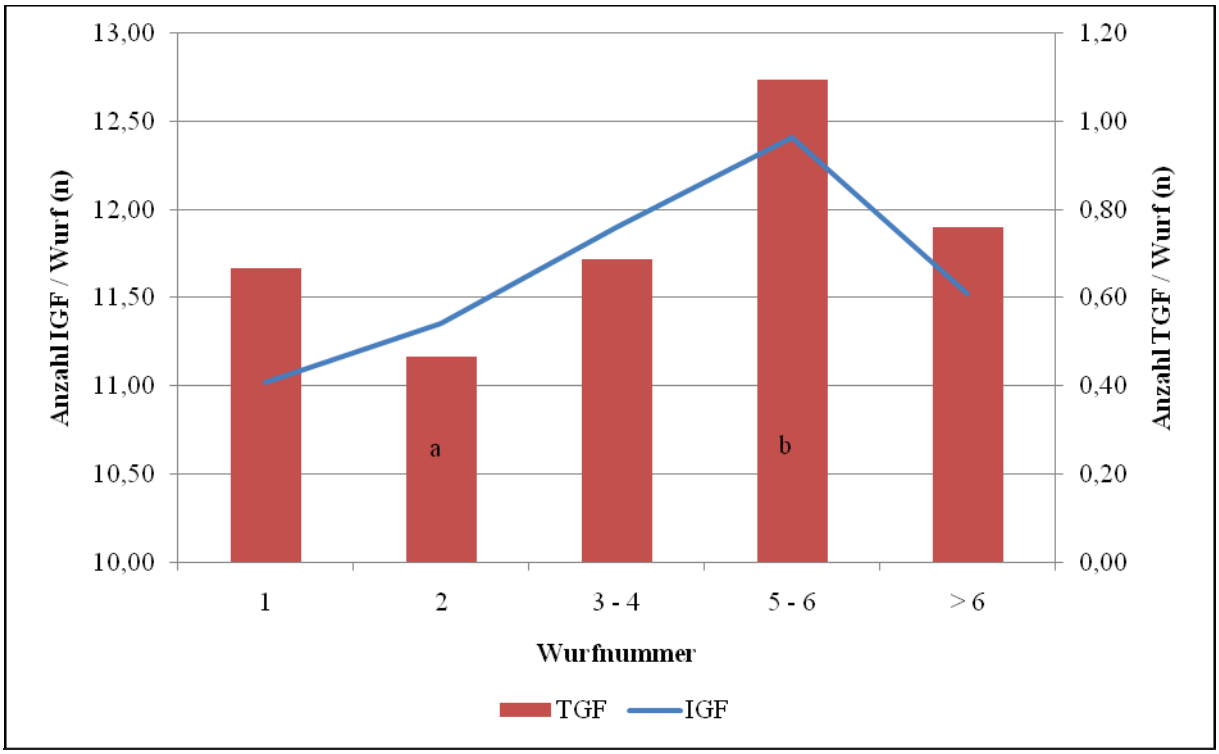



Abb. 18: Anzahl insgesamt geborener Ferkel sowie Anzahl toter Ferkel je Wurf in Abhängigkeit von der Wurfnummer (Betrieb A); [a:b] $p<0,05$

Bedingt durch den Anstieg insgesamt geborener Ferkel erhöhte sich die Abferkeldauer. Dieser Zusammenhang in Abhängigkeit von der Wurfnummer ist in Tabelle 33 beschrieben.

Tab. 33: Angaben zur mittleren (± SD) Dauer der Abferkelung und Austreibungszeit je Ferkel in Bezug zur Wurfnummer (Betrieb A)

| **Wurfnummer** (Anzahl Sauen) | **Dauer der Abferkelung** (in min) | **Austreibungszeit je Ferkel** (in min) |
|---|---|---|
| 1 (n = 48) | 175,1 ± 77,6 [a] | 21,2 ± 12,4 |
| 2 (n = 62) | 183,2 ± 89,6 | 19,7 ± 11,9 |
| 3 – 4 (n = 80) | 203,1 ± 79,6 | 21,5 ± 12,4 |
| 5 – 6 (n = 64) | 232,5 ± 122,2 [b] | 22,2 ± 13,2 |
| > 6 (n = 25) | 238,7 ± 114,5 | 25,3 ± 15,4 |
| gesamt | 203,8 ± 98,1 | 21,5 ± 12,6 |

[a:b] $p<0,05$

Statistisch gesicherte Unterschiede konnten für die Jungsauen im Vergleich zu den Sauen im 5. und 6. Wurf für die Dauer der Abferkelung ermittelt werden. Die Differenzen der Austreibungszeit je Ferkel unterscheiden sich nicht signifikant in Bezug zur Wurfnummer. Eine Korrelationsanalyse zeigt eine schwache Abhängigkeit zwischen der Wurfnummer und der Dauer der Abferkelung. Die Korrelation beträgt 0,23. Diese ist auf dem Niveau von $p<0,01$ signifikant.

### 5.2.2 Betrieb B

Die Datenaufnahme erfolgte bei insgesamt 40 Würfen im Zeitraum vom 21.03.2004 bis zum 29.09.2004 zu sechs verschiedenen Zeitpunkten. Die mittlere Parität der Sauen lag bei 3,9. Für das Geburtsgewicht der Ferkel konnte kein Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Ferkeln dokumentiert werden. Das mittlere Geburtsgewicht betrug jeweils 1,51kg. Die Standardabweichung differiert mit 0,39 für männliche und 0,31 für weibliche Ferkel kaum. Eine Betrachtung der Wurfleistungen in Abhängigkeit zur Anzahl IGF deutet auf ein Absinken des Geburtsgewichtes bei steigender Wurfgröße hin (Tabelle 34), die Unterschiede in den Mittelwerten sind jedoch nicht signifikant.

Tab. 34: Mittlere (± SD) Geburtsgewichte der Ferkel, Anzahl TGF, Anzahl an Mumien sowie Anteil an Würfen mit tot geborenen Ferkeln in Bezug zur Anzahl IGF (Betrieb B)

| **IGF / Wurf (n)** | **≤ 9** | **10 - 11** | **12 - 13** | **≥ 14** |
|---|---|---|---|---|
| Anzahl Würfe (n) | 14 | 5 | 13 | 8 |
| mittlere Parität | 3,6 ± 2,5 | 3,8 ± 2,2 | 4,3 ± 3,0 | 3,6 ± 1,9 |
| Geburtsgewicht (kg) | 1,6 ± 0,3 | 1,5 ± 0,2 | 1,5 ± 0,1 | 1,5 ± 0,2 |
| Anteil an Ferkeln mit einem Geburtsgewicht < 1kg (%) | 5,0 ± 10,8 | 6,4 ± 10,1 | 6,2 ± 88,3 | 9,3 ± 14,7 |
| TGF / Wurf (n) | 0,1 ± 0,5 | 0,6 ± 0,6 | 0,4 ± 0,7 | 0,8 ± 0,7 |
| Mumien / Wurf (n) | 0,1 ± 0,3 | 0,4 ± 0,9 | 0,3 ± 0,6 | 0,1 ± 0,4 |
| Anteil Würfe mit TGF (%) | 7,1 | 60,0 | 30,8 | 62,5 |

Totgeburten traten in 32,5% aller Würfe auf. Bezogen auf die Anzahl IGF ergab sich eine Steigerung von 7,1% (IGF≤9) auf 62,5% (IGF ≥14). Diese Charakteristik wurde ebenfalls im Ansteigen der totgeborenen Ferkel je Wurf auf bis zu 0,75 (IGF≥14) deutlich. Der Anteil Ferkel mit niedrigen Geburtsmassen stieg mit zunehmender Wurfgröße auf bis zu 9,3%

(IGF≥14) an. Dieser Wert ist niedriger als der vergleichbare Wert aus Betrieb A (17,3% bei IGF≥16, vgl. Tab. 28, S. 71). Die Anzahl an ermittelten Mumien ist gering und variierte zwischen den Klassen mit 0,07 (IGF≤9) und 0,40 (IGF 10-11). Die ermittelten Unterschiede für die vier Klassen an IGF sind nicht signifikant.

In Betrieb B wurden 16 tote Ferkel dokumentiert und gewogen. Ein Vergleich der Austreibungszeiten für lebend und tot geborene Ferkel mit einer Varianzanalyse erbrachte signifikante Unterschiede. Wenn das nachfolgende Ferkel lebend geboren wurde, betrug die Austreibungszeit 17,85±24,82 min; war das nächste Ferkel bereits verendet, verlängerte sich der Zeitabstand zum vorherigen Ferkel auf 37,56±38,70min ($p<0,01$). Die Geburtsgewichte unterscheiden sich tendenziell zwischen lebend und tot geborenen Ferkeln ($p=0,06$). Das höhere Geburtsgewicht weisen mit 1,53±0,32kg die lebend geborenen Ferkel im Vergleich zu tot geborenen Ferkeln mit einem Gewicht von 1,27±0,48kg auf. Die Homogenität der Varianzen war sowohl für den Vergleich der Austreibungszeiten als auch für die unterschiedlichen Geburtsgewichte gegeben.

Ein möglicher Grund für das Verenden von Ferkeln ist das zu frühe Reißen der Nabelschnur. Bei 416 Ferkeln konnte die Nabelschnur zum Zeitpunkt der Geburt des Ferkels beurteilt werden. Bei 275 Ferkeln wurde eine intakte Nabelschnur, bei 141 Ferkeln eine gerissene Nabelschnur festgestellt und in 36 Fällen war keine Beurteilung möglich Mit Hilfe einer Kreuztabelle und des Chi-Quadrat-Testes wurde der Zustand der Nabelschnur zur Geburt in Bezug zum Status des Ferkels (lebend/tot) untersucht. Dabei wiesen 81,8% der tot geborenen Ferkel zum Zeitpunkt der Austreibung eine gerissene Nabelschnur auf ($p<0,01$). Bei lebend geborenen Ferkeln war die Nabelschnur in 32,6% aller Fälle gerissen. Ein Bezug des Zustandes der Nabelschnur zur Austreibungszeit konnte nicht festgestellt werden.

### 5.2.2.1 Austreibungszeit der Ferkel

In Abbildung 19 werden die mittleren Austreibungszeiten je Ferkel sowie die Geburtsgewichte in Abhängigkeit zur Reihenfolge während der Abferkelung dargestellt. Im Durchschnitt betrug die Zeit bis zum Austreiben des nächsten Ferkels 18,5±25,6min. Das Maximum lag bei 157min.

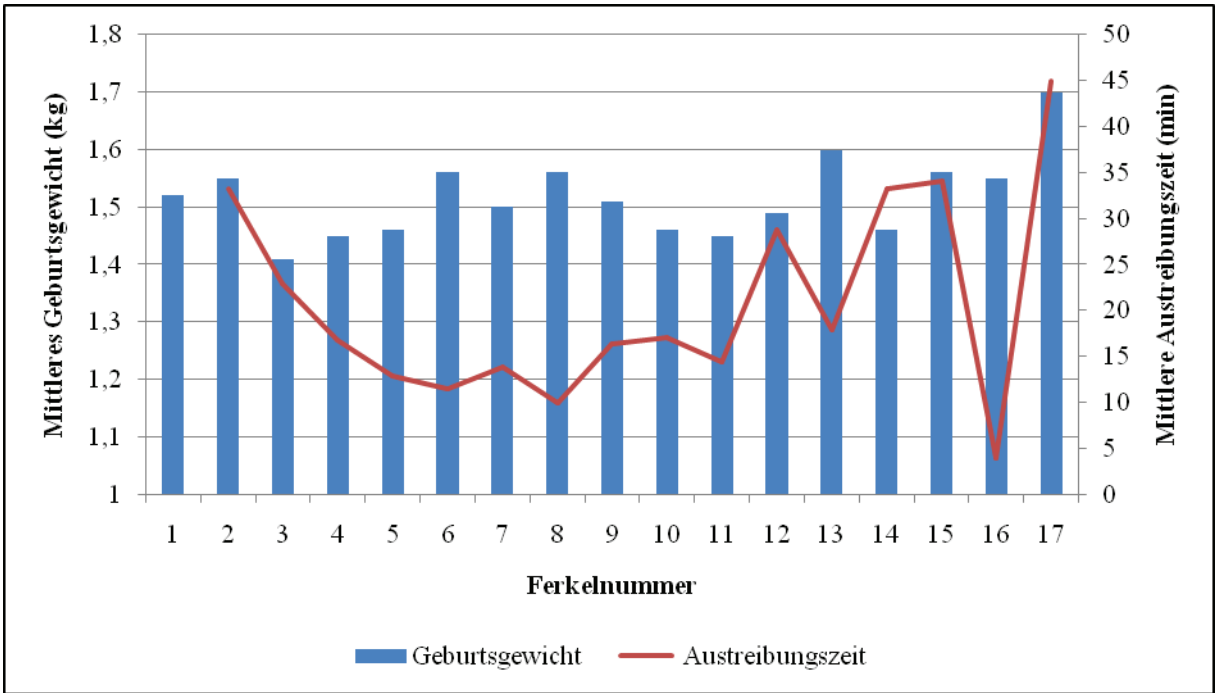



Abb. 19: Mittlere Geburtsgewichte und Austreibungszeiten der Ferkel in der Wurffolge (Betrieb B)

Es zeigte sich ein vergleichbares Bild zu Betrieb A (vgl. Abb. 16). Die Austreibungszeit zum zweiten Ferkel betrug im Mittel 33,3±34,5min. Das Zeitintervall verkürzte sich bis zur Geburt des achten Ferkels auf 10,0±12,3min. Im späteren Verlauf der Abferkelung stieg die Austreibungszeit je Ferkel wieder auf 34,1±36,5min an. Die Austreibungszeiten für Ferkelnummer 16 und 17 werden nur durch zwei bzw. ein Ferkel repräsentiert. Für die Geburtsgewichte war keine gerichtete Tendenz in Abhängigkeit zur Ferkelnummer erkennbar. Die zuletzt geborenen Ferkel wiesen ein höheres Geburtsgewicht auf. Eine Einteilung der Ferkelnummer in vier Klassen analog zur Auswertung für Betrieb A erbrachte in einer Varianzanalyse keine Unterschiede im mittleren Geburtsgewicht (Tab. 35).

Tab. 35: Mittleres Geburtsgewicht (± SD) der Ferkel im klassifizierten Wurfverlauf (Betrieb B)

| | **1. - 4. Ferkel** | **5. - 8. Ferkel** | **9. - 12. Ferkel** | **13. - 19. Ferkel** |
|---|---|---|---|---|
| Anzahl Ferkel (n) | 159 | 150 | 105 | 38 |
| Geburtsgewicht in kg (MW ± SD) | 1,5 ± 0,4 | 1,5 ± 0,4 | 1,5 ± 0,4 | 1,6 ± 0,4 |
| Anteil (%) TGF | 1,9[a] | 1,4 | 4,9 | 16,2[b] |

[a, b] $p<0,05$

Die Häufigkeit des Auftretens toter Ferkel im klassifizierten Wurfverlauf unterschied sich signifikant zwischen den Klassen 1.-4. Ferkel und 13.–19. Ferkel ($p<0,05$). Der prozentuale Anteil tot geborener Ferkel stieg dabei von 1,9% auf 16,2% an.

Zwischen dem Geburtsgewicht eines Ferkels und dessen Austreibungszeit besteht kein Zusammenhang. In Abbildung 20 wird das kategorisierte Geburtsgewicht den jeweiligen mittleren Austreibungszeiten (min) gegenübergestellt.

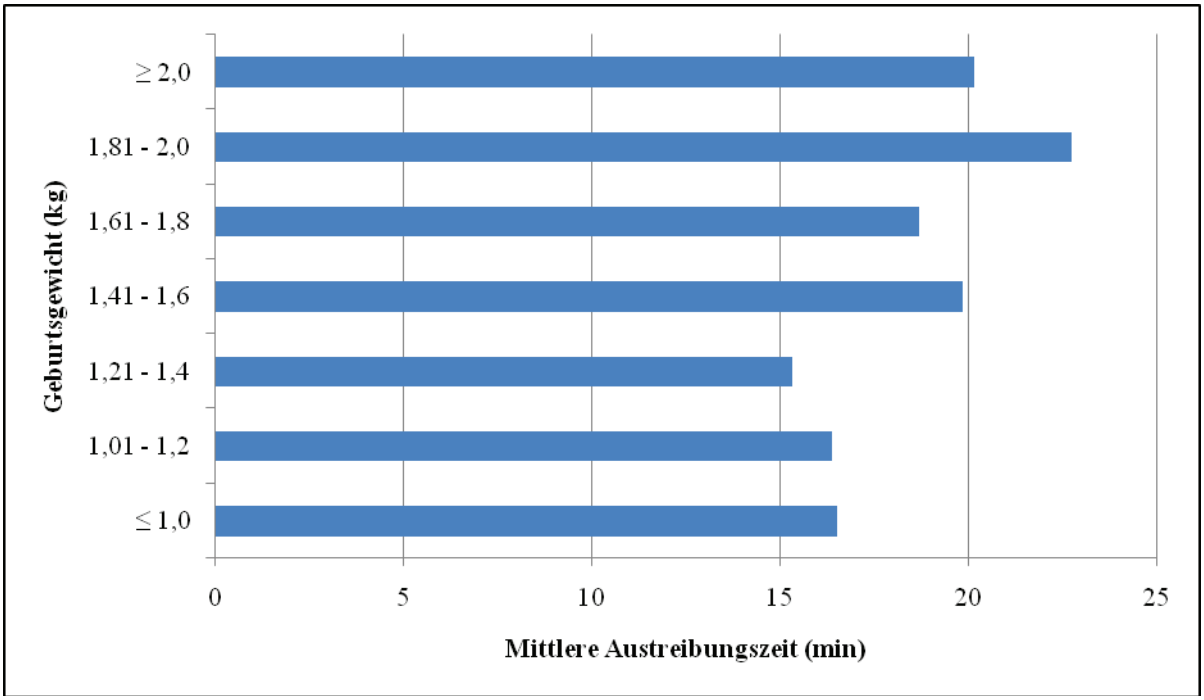



Abb. 20: Mittlere Austreibungszeit (min) der Ferkel in Bezug zum Geburtsgewicht (Betrieb B)

Der Anstieg der mittleren Austreibungszeit von 16,5min für die leichtesten Ferkel bis auf 22,8min für Ferkel mit einem Gewicht von 1,81 bis 2,0kg ist nicht signifikant. Die Standardabweichungen waren sehr hoch und betrugen im Durchschnitt 25,6min (vgl. Tab. 36).

Tab. 36: Deskriptive Statistik zur mittleren Austreibungszeit der Ferkel in min (± SD) in Abhängigkeit zum klassifizierten Geburtsgewicht der Ferkel in Betrieb B

| Geburtsgewicht (kg) in Klassen | Anzahl (n) | Mittelwert (min) | SD |
|---|---|---|---|
| ≤ 1,0 | 44 | 16,52 | 27,0 |
| 1,01 – 1,20 | 45 | 16,40 | 27,9 |
| 1,21 – 1,40 | 70 | 15,34 | 15,9 |
| 1,41 – 1,60 | 99 | 19,85 | 27,9 |
| 1,61 – 1,80 | 84 | 18,70 | 24,7 |
| 1,81 – 2,00 | 52 | 22,77 | 30,5 |
| 2,01 – 2,20 | 18 | 20,17 | 23,7 |
| gesamt | 412 | 18,50 | 25,6 |

#### 5.2.2.2 Einfluss der Wurfnummer

Die untersuchten 40 Sauen wiesen im Durchschnitt eine Parität von 3,9±2,4 auf. Von diesen Sauen ferkelten 15% zum ersten Mal ab und 20% waren primipare Sauen. In dieser Datenerfassung waren keine Sauen der Wurfnummer acht und neun vertreten. Ein Überblick zur Wurfleistung der Sauen in Bezug zur Wurfnummer wird in Tabelle 37 gegeben.

Tab. 37: Überblick zur Wurfleistung der Sauen im Bezug zur Wurfnummer (Betrieb B)

| Wurf-nummer | Anzahl Sauen (n) | IGF / Wurf | LGF / Wurf | TGF / Wurf | Mumie / Wurf |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 11,0 ± 2,6 | 10,8 ± 2,4 | 0,2 ± 0,4 | 0,8 ± 1,0 |
| 2 | 8 | 10,1 ± 3,6 | 10,1 ± 3,6 | 0 | 0 |
| 3 | 8 | 11,8 ± 4,5 | 11,4 ± 4,3 | 0,4 ± 0,5 | 0 |
| 4 | 4 | 9,5 ± 1,3 | 9,3 ± 1,0 | 0,3 ± 0,5 | 0 |
| 5 | 2 | 11,5 ± 3,5 | 10,0 ± 4,2 | 1,5 ± 0,7 | 0,5 ± 0,7 |
| 6 | 8 | 12,1 ± 2,7 | 11,3 ± 2,4 | 0,9 ± 0,8 | 0,1 ± 0,4 |
| 7 | 2 | 11,5 ± 2,1 | 11,0 ± 2,8 | 0,5 ± 0,7 | 0,5 ± 0,7 |
| 10 | 1 | 9,0 | 9,0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 13,0 | 13.0 | 0 | 0 |
| gesamt | 40 | 11,1 ± 3,1 | 10,7 ± 3,0 | 0,4 ± 0,6 | 0,2 ± 0,5 |

Die höchste Anzahl IGF wurde mit 12,1 von den Sauen der Wurfnummer 6, die höchste Anzahl LGF wurde mit 11,4 von den Sauen zum dritten Wurf erbracht. Die niedrigsten Werte

erreichten die Sauen zum vierten Wurf. Sie wiesen Ergebnisse von 9,5 IGF und 9,3 LGF auf. Mit Ausnahme der Sauen zum fünften Wurf lag die Anzahl an TGF unter eins. Für primipare und die beiden Sauen zum 10. und 11. Wurf wurde kein totes Ferkel registriert. Die Anzahl an erfassten Mumien ist gering. Im Durchschnitt wurden 0,2 Mumien je Wurf belegt, wobei nur bei Jungsauen und Sauen der Wurfnummern fünf bis sieben Werte über null auftraten. Die Unterschiede für die Wurfleistung hinsichtlich der Wurfnummer sind nicht signifikant.

Trotz der geringen Anzahl an Sauen je Wurfnummer wurde dieser Parameter analog für den Betrieb A klassifiziert und für die Merkmale IGF und TGF einer Varianzanalyse unterzogen. Die Anzahl IGF unterschied sich nicht signifikant innerhalb der Wurfnummern. Für die Anzahl TGF wurde für die primiparen Sauen im Vergleich zu den Sauen im 5./6. Wurf ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) festgestellt. Die Homogenität der Varianzen war gegeben. In Abbildung 21 sind die Anzahlen an IGF und TGF zu den klassifizierten Wurfnummern in Bezug gesetzt.

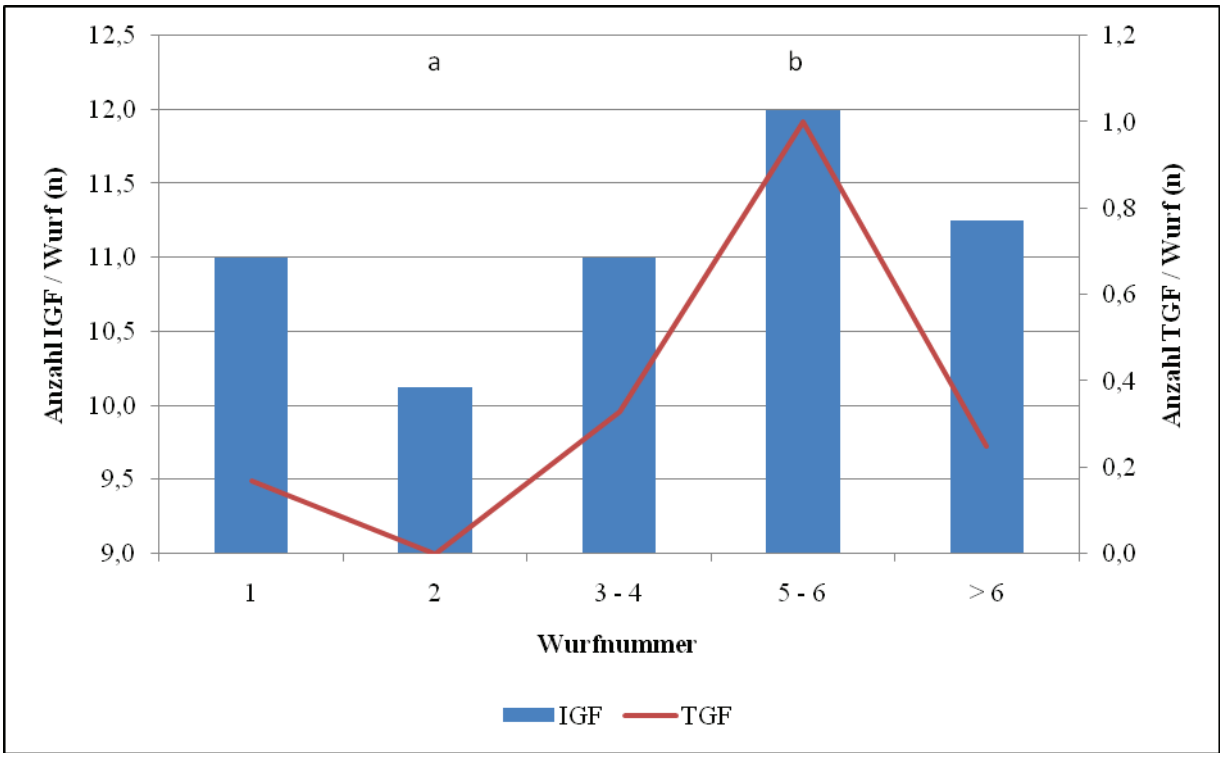



Abb. 21: Anzahl insgesamt geborener sowie die Anzahl tot geborener Ferkel je Wurf in Abhängigkeit von der Wurfnummer der Sau (Betrieb B); [a:b] $p<0,05$

Die Austreibungszeit der Ferkel ist nicht von der Wurfnummer der Sau beeinflusst. In Tabelle 38 sind die Dauer der Abferkelung und die Austreibungszeit je Ferkel in Bezug zur klassifizierten Wurfnummer angegeben.

Tab. 38: Beziehung zwischen der klassifizierten Wurfnummer, der Dauer der Abferkelung sowie der Austreibungszeit je Ferkel (Betrieb B)

| **Wurfnummer** (Anzahl Sauen) | **Dauer der Abferkelung** (min) | **Austreibungszeit je Ferkel** (min) |
|---|---|---|
| 1 (n = 6) | 199,7 ± 60,6 | 18,4 ± 26,5 |
| 2 (n = 8) | 143,9 ± 62,2 | 15,8 ± 20,9 |
| 3 – 4 (n = 12) | 193,4 ± 71,1 | 19,3 ± 23,2 |
| 5 – 6 (n = 10) | 199,6 ± 59,1 | 17,8 ± 26,4 |
| > 6 (n = 4) | 239,0 ± 147,6 | 22,8 ± 34,9 |
| gesamt (n = 40) | 190,6 ± 76,1 | 18,5 ± 25,6 |

Bei einer mittleren Abferkeldauer von 191min wiesen die primiparen Sauen mit 144min die niedrigste auf. Für Sauen ab der siebenten Wurfnummer wurde mit 239min der höchste Mittelwert aber auch mit 148min die höchste Standardabweichung ermittelt. Die Austreibungszeit für ein Ferkel war für primipare Sauen am kürzesten (15,8min) und für Sauen ab dem siebenten Wurf am längsten (22,8min). Die Standardabweichungen waren jeweils höher als der Mittelwert. Zwischen den Wurfnummern bestehen weder für die Abferkeldauer noch für die Austreibungszeit je Ferkel signifikante Unterschiede.

### 5.2.3 Vergleichende Untersuchung für die Betriebe A und B

Mittels Varianzanalyse wurden die Daten zu IGF, LGF, TGF, Mumien, Geburtsgewicht der Ferkel und Dauer der Abferkelung sowie mittlere Austreibungszeit eines Ferkels in Abhängigkeit zum Betrieb untersucht. Mit Ausnahme des Geburtsgewichtes und der Anzahl TGF wurden keine signifikanten Unterschiede abgeleitet. Die Ferkel in Betrieb A wiesen ein mittleres Geburtsgewicht von 1,43±0,40kg auf, in Betrieb B war das Geburtsgewicht der Ferkel mit 1,50±0,36kg höher ($p<0,01$). Die Homogenität der Varianzen war gegeben. Ein weiterer signifikanter Unterschied wurde für die Anzahl TGF ermittelt. Bezogen auf die Anzahl IGF sind 6,1% der Ferkel in Betrieb A tot geboren, in Betrieb B ist dieser Wert mit 3,6% geringer ($p<0,05$).

# 6 Diskussion

## 6.1 Projekt 1

Das Ziel der Untersuchungen bestand in der Analyse embryonaler und fetaler Verluste bei Landrassesauen der modernen Zuchtrichtung. Die Höhe dieser Verluste hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Fruchtbarkeitsleistungen von Sauen und besitzt somit auch eine hohe ökonomische Wichtung.

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen hohe Raten an embryonaler und fetaler Mortalität bei heute genutzten fruchtbaren Sauenlinien der Deutschen Landrasse. Die Verluste zu Beginn der Gravidität - zum TT 2 - sind mit 56,4 % am höchsten. Diese Ergebnisse müssen jedoch aufgrund der Tieranzahl (n = 29) sowie der erzielten Auffinderate an Eizellen/Embryonen von 63,4% differenziert betrachtet werden. POPE und FIRST (1985) dokumentierten für die frühe Phase geringere Verluste von 11,5%. Als sicher gilt, dass die Verlustraten zu Beginn der Trächtigkeit an höchsten sind. Die embryonalen Verluste betragen in unseren Untersuchungen 36,9%. Im weiteren Verlauf der Trächtigkeit findet bis zum 80. TT nur noch eine leichte Erhöhung der Verluste auf 37,9% statt. Damit werden Aussagen von LAMBERT ET AL. (1991) sowie IBEN UND SCHNURRBUSCH (1999) bestätigt, die fetale Verluste in Höhe von 2% ermittelten. Dementgegen stehen fetale Verluste in Höhe von 8,7%, ermittelt in Untersuchungen von VAN DER LENDE UND VAN RENS (2003). Die Höhe der embryonalen Mortalität in unseren Untersuchungen liegt mit ca. 37% über den Werten, die KOLB (1980) mit 20 bis 30% und BLICHFELDT UND ALMLID (1982) mit 25% berichten. Dass die embryonalen Verluste bis zu 40% betragen können, wird durch mehrere Autoren bestätigt (MICHEL ET AL., 1976; HEAP ET AL., 1979; HÜHN UND KÖNIG, 1980; LUTTER ET AL., 1981; HÜHN ET AL., 1984; LAMBERT ET AL., 1991; IBEN UND SCHNURRBUSCH, 1999; SCHNURRBUSCH, 2002). Eine Höhe von 20 - 30% wird jedoch als physiologische Größe angesehen (SCHNURRBUSCH, 2002). VAN DER LENDE ET AL. (1999) weisen für Jungsauen eine embryonale Mortalität von 20,9% und für Altsauen von 26,5% aus. EDWARDS (2004) dagegen spricht von einer evolutionär bedingten Strategie, dass viele befruchtete Eizellen die Grundlage für eine effiziente Selektion bilden. Die leichten und am schlechtesten entwickelten Embryonen sterben ab und ermöglichen den Wurfgeschwistern ein optimales Wachstum. Versuche die embryonale Mortalität zu reduzieren widersprechen in gewissem Maße dem Prinzip der indirekten Selektionsmöglichkeit durch die Sau. In diesem Versuch

liegen die ermittelten Werte für die embryonale Mortalität über dem in der Literatur postulierten biologischen Maß.

### 6.1.1 Einflussfaktoren auf eine hohe Wurfgröße

Eine erhöhte Anzahl an Ovulationen führt nicht automatisch zu einer Erhöhung der Anzahl intakter Embryonen und Feten und letztendlich Ferkeln. CUNNINGHAM ET AL. (1979) konnten in Züchtungen auf hohe Ovulationszahlen diese nach 6 -7 Generationen zwar um 20% steigern, jedoch erhöhte sich die Anzahl lebend geborener Ferkel im Vergleich zur Kontrollgruppe nur um 6 %. In weiteren Experimenten wurde ebenfalls versucht züchterisch die Wurfgröße durch eine gesteigerte Anzahl an Gelbkörpern zu erhöhen. In Versuchen von JOHNSON ET AL. (1999) wurde so zwar die Anzahl Cl von 14,5 auf 20,0 gesteigert, aber das Plus von 6,5 CL konnte lediglich in einem Mehr von 2,8 Feten zum 50.TT (10,8 *vs.* 13,6) und 0,8 mehr lebend geborenen Ferkeln (9,9 *vs.* 10,7) umgesetzt werden. KELLY ET AL. (1988), LAMBERSON ET AL. (1991) und RUIZ-FLORES AND JOHNSON (2001) bestätigten in ihren Untersuchungen ebenfalls den Trend, dass eine züchterische Erhöhung der Ovulationen über mehrere Generationen um bis zu 30% nur zu einem mäßigen Ansteigen der Wurfgröße um 8-10% führt. LUTTER ET AL. (1981), HÜHN ET AL. (1984), WU ET AL. (1987), NEAL ET AL. (1989) sowie SCHNURRBUSCH (2002) bestätigen in eigenen Untersuchungen den Zusammenhang zwischen einer zu hohen Anzahl an Ovulationen und einer erhöhten Mortalitätsrate.

Die mittlere Anzahl CL war auf der linken Körperseite zu jedem Untersuchungszeitpunkt höher als auf der rechten Körperseite. Die Differenz betrug 1,2 CL (TT 2), 2,8 CL (TT 30) und 0,6 CL (TT 80). Diese nicht signifikanten Unterschiede bestätigen Aussagen von PERE ET AL. (1997), die mit einem Plus von 1 – 1,2 CL auf der linken Seite vergleichbare Ergebnisse erzielten. In unseren Untersuchungen führte ein Ansteigen der Anzahl Gelbkörper zwar zu einer gesteigerten Anzahl an Embryonen, jedoch stieg gleichzeitig die Verlustrate in Einzelfällen auf bis zu 63% an. Zudem wurde zwischen der Höhe der Ovulationen und der Anzahl Embryonen (TT 30) und Feten (TT 80) nur für die frühere Phase der Trächtigkeit ein Zusammenhang gefunden. Die Beziehungen zum 80. TT waren nicht mehr nachweisbar. Dieses Ergebnis bestätigt Resultate von FREKING ET AL. (2007).

Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Eierstock nicht der limitierende Faktor für die Wurfgröße ist. Vielmehr kommt der Uteruslänge und der Uteruskapazität Bedeutung zu.

Zwischen der Uteruslänge und somit dem Platzangebot je Fetus sowie der Anzahl Feten bestehen hohe Korrelationen. Zum 30. TT liegt die Korrelation zwischen dem Platz je Embryo und der Anzahl Embryonen bei -0,84, zum 80. TT bei -0,78. Diese Zusammenhänge sind auf hohem Niveau signifikant. Die Beziehung zwischen dem Platzangebot und der Gesamtanzahl an Embryonen und Feten ist jeweils stärker ausgeprägt als zur Anzahl intakter Embryonen und Feten. Dies begründet sich einerseits durch die anteilig verringerte Verlustrate im Verlauf der Gravidität und andererseits ist ein Embryo zum 30. TT bereits nicht mehr in der Lage, den durch Absterben anderer Früchte frei gewordenen Raum im Uterus neu zu besetzen (DZIUK, 1985). Vergleichsweise zu Angaben aus der Literatur scheint das Platzangebot im Uterus je Embryo und Fetus mit 24,3cm (TT 30) bzw. 41,6cm (TT 80) ausreichend zu sein. DZIUK (1985) stellte fest, dass sich ein erhöhtes Platzangebot - von mehr als 20 cm - nicht in schwereren Ferkeln auswirkt. Nach WU ET AL. (1989) ist der Platzbedarf höher; für jeden Fetus bis zum 50. TT sind 36cm notwendig. Eine gleichmäßige Verteilung der Embryonen während der Migration ist entscheidend für niedrige Verlustraten während der Trächtigkeit (DZIUK, 1985). In unseren Untersuchungen ist eine gleichmäßige Verteilung der Embryonen (8,4 *vs.* 8,5) und Feten (5,9 *vs*. 6,6) auf beide Uterushörner gegeben. Im optimalen Fall ist der Abstand zwischen den Embryonen/Feten gleich. Zwischen der Anzahl Feten und der Uterushornlänge besteht ein Zusammenhang. Dabei ist kein Einfluss der Fetenanzahl des anderen Uterushorns nachweisbar (DZIUK, 1985). Das Längenwachstum wird vornehmlich durch die Anzahl Feten im betreffenden Uterushorn bestimmt (DZIUK, 1985, WU ET AL., 1987). Bis TT 40 beträgt das Längenwachstum 10cm/Fetus. Abhängig von der Länge der Uterushörner zur Belegung der Jungsauen kann ab einer Anzahl von 9 Feten je Uterushorn das Platzangebot auf unter 20cm/Fetus, dem als optimal an gesehenen Raumangebot, sinken (DZIUK, 1985, WU ET AL., 1987). DZIUK (1985) geht von einer Uterushornlänge von 70cm zur Belegung aus. In unseren Untersuchungen beträgt zum TT 2 die Uterushornlänge 86cm. Die Anzahl an Feten beeinflusst das Längenwachstum zwischen TT 35 und TT 100. Ist die Anzahl an Feten je Uterushorn kleiner als fünf, findet kein Längenwachstum statt, während bei einer Fetenanzahl von acht ein Längenwachstum zu verzeichnen ist (DZIUK, 1985). Jeder zusätzliche Zentimeter an Platz führt nach LAMBERSON UND ECKARDT (1996) zu einer Erhöhung der Überlebensrate bis zum TT 100 um 1,5%. Nach CHEN UND DZIUK (1993) ist das Längenwachstum generell auf 50% der Länge zum TT 3 begrenzt. Ausgehend von der Uterushornlänge in unseren Untersuchungen zum TT 2 von 86cm würde das eine maximale Uterushornlänge von 129cm bedeuten. Die Jungsauen zu den Untersuchungszeitpunkten TT

30 und TT 80 weisen dagegen mittlere Uterushornlängen von 206cm (TT 30) und 260cm (TT 80) auf.

Der zur Verfügung stehende Platz ist in den Uterushörnern nicht gleich verteilt. Zu Beginn der Trächtigkeit ist das Platzangebot an den Uterushornspitzen im Vergleich zum kaudalen Ende und der Mitte der Hörner geringer. Zum TT 40 zeigt sich eine Veränderung. Feten an den Uterushornspitzen sowie am kaudalen Ende der Uterushörner haben mehr Platz als Feten in der Mitte. Dieser Unterschied scheint nach DZIUK (1985) darin begründet, dass zu Beginn der Trächtigkeit sich mehr Embryonen an den Uterushornspitzen befinden und daher die Mortalitätsrate an dieser Stelle vergleichsweise höher ist. Gleichwohl bestätigen POPE ET AL. (1972), dass vor TT 30 der verfügbare Platz je Embryo keine limitierende Wirkung hat. Im weiteren Verlauf der Trächtigkeit wird der Unterschied im Platzangebot je Fetus in dessen Entwicklung deutlich (DZIUK, 1985). WU ET AL. (1989) berichten, dass männliche Feten mehr Platz im Uterushorn einnehmen als weibliche Wurfgeschwister. In unseren Untersuchungen konnte diese Aussage nicht geprüft werden.

PERRY UND ROWELL (1969) stellen in Untersuchungen Unterschiede im Gewicht der Feten in Abhängigkeit zu deren Positionierung im Uterushorn fest. Schwere Feten befinden sich an den Uterushornspitzen, Feten von mittlerem Gewicht am kaudalen Hornende und die leichten Feten in der Mitte der Uterushörner. ROHDE PARFET ET AL. (1988) führten gleichfalls Untersuchungen zur Lage im Uterushorn durch. Im Ergebnis ist in ihren Untersuchungen kein genereller Einfluss der Position auf das Geburtsgewicht der Feten nachweisbar. Es besteht aber eine Tendenz, dass Feten an den Hornspitzen schwerer als Wurfgeschwister sind. In unseren Untersuchungen wurden vergleichbare Ergebnisse erzielt. Zum TT 80 wurden tendenzielle Unterschiede in der körperlichen Entwicklung der Feten festgestellt. Am schwersten sind mit 426g die Feten an den Hornspitzen, gefolgt von den Feten am kaudalen Uterushornende mit 413g. Die Feten in der Mitte der Uterushörner weisen das geringste Körpergewicht mit 396g auf. Andere Ergebnisse werden von WISE ET AL. (1997) berichtet. In ihren Untersuchungen zum TT 70 und TT 104 befinden sich die schweren Feten ebenfalls an den Hornspitzen, die leichten Feten im Gegensatz zu unseren Ergebnissen aber am kaudalen Ende der Uterushörner. ASHWORTH (2001) findet in seinen Untersuchungen generell keinen Zusammenhang zwischen Position im Uterus und Körpergewicht der Feten.

ROHDE PARFET ET AL. (1988) untersuchten den Einfluss des Geschlechtes der benachbarten Feten im Uterushorn auf den männlichen Fetus. Geprüft wurde die Entwicklung des männlichen Fetus anhand seiner Positionierung a) zwischen zwei weiblichen Feten, b) zwischen einem weiblichen und einem männlichen Fetus, c) zwischen zwei männlichen Feten sowie d) und e) zwischen der Uterushornspitze und einem weiblichen oder männlichen Fetus. Es wurde kein genereller Unterschied festgestellt, lediglich männliche Feten, die zwischen männlichen Feten positioniert waren, zeigen leichte Vorteile im späteren Wachstumsverlauf. In unseren Untersuchungen ist kein Einfluss der Geschlechter untereinander mit Auswirkungen auf die körperliche Entwicklung vorhanden. WISE UND CHRISTENSON (1992) dagegen stellten fest, dass zum TT 104 im Gegensatz zum TT 70 ein Fetus, der zwischen zwei Feten des anderen Geschlechtes positioniert ist, ein niedrigeres Körpergewicht als die Feten des gleichen Geschlechtes aufweist. Nach ECHEVERRI (2004) ist der Bedarf an Nährstoffen besonders in der zweiten Hälfte der Trächtigkeit geschlechtsspezifisch. Männliche Feten benötigen mehr Nährstoffe als weibliche Feten. Am TT 41 sind nach CHEN UND DZIUK (1993) bei einem ausreichenden Platzangebot im Uterus männliche Feten tendenziell schwerer als weibliche Feten. Ist das Platzangebot begrenzt, weisen sie den Trend nach, dass weibliche Feten ein höheres Gewicht aufweisen und die Anzahl männlicher Feten zurückgeht. In unseren Untersuchungen war das Platzangebot nicht unmittelbar begrenzend. Es konnten keine Unterschiede im Anteil männlicher und weiblicher Feten in Bezug zum Platzangebot gefunden werden.

Wechselseitig beeinflussen sich Längenwachstum der Uterushörner und Anzahl der Feten, jedoch ist die Uteruslänge als alleiniges Merkmal keine Voraussetzung für eine verbesserte Uteruskapazität bzw. keine Garantie für die Realisierung hoher Wurfgrößen (VALLET ET AL., 2002). Limitierend auf die Wurfgröße kann in diesem Fall eine unzureichende Versorgung der Feten mit Nährstoffen und Sauerstoff wirken. Die Plazenta ist möglicherweise nicht in der Lage die Feten bedarfsgerecht zu versorgen. Für eine hohe Wurfgröße in Verbindung mit hohen Ferkelgewichten ist eine gut ausgebildete Plazenta von großer Bedeutung. Nach Untersuchungen von KNIGHT ET AL. (1977) und JOHNSON ET AL. (1999) hat eine unzureichende Entwicklung der Plazenta vom 20. bis 30. TT einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung und die Überlebensrate der Feten. Der Uteruskapazität vom 30. TT bis zum Ende der Trächtigkeit wird in beiden Arbeiten ein hoher Einfluss auf das Ausmaß pränataler Verluste zugesprochen. KOLB (1980) spricht von einer Konkurrenz bei der Ausdehnung der Plazenta und der Nährstoffversorgung. BIENSEN ET AL. (1998) und WILSON ET AL. (1999)

nennen in diesem Zusammenhang die Plazentaeffizienz als mögliche Begründung für das Erreichen hoher Wurfgrößen. Die Plazentaeffizienz ist dabei der Quotient aus Fetenmasse (g) und Plazentamasse (g) und gibt an, wie viel Gramm Fetus durch ein Gramm Plazenta unterstützt werden können.

BIENSEN ET AL. (1998) und WILSON ET AL. (1999) untersuchten Sauen der Rasse Meishan. Deren Ferkelanzahl ist im Vergleich zu europäischen Rassen um 3 bis 5 Ferkel erhöht. Diese Ferkel sind kleiner und nehmen im Uterus weniger Platz ein. Die Plazenten der Meishan sind kleiner, ebenso das Volumen des Uterus und die Plazentaoberfläche. Allerdings ist die Dichte der Blutgefäße wesentlich höher als bei europäischen Rassen, wodurch auch die Versorgung mit Blut und Nährstoffen besser gewährleistet ist. BIENSEN ET AL. (1998) dokumentierten nahezu eine Verdopplung der Blutgefäßdichte bei Meishan zwischen dem 90. und 110. Trächtigkeitstag, während bei Yorkshiresauen eine Verringerung zu beobachten war. Dieser Unterschied ist bemerkenswert, weil im gleichen Zeitraum die Plazentaoberfläche der Meishan kaum zunimmt, die der Yorkshiresauen aber um etwa 60% ansteigt. Eine gute Durchblutung infolge einer hohen Blutgefäßdichte der Plazenten ist für die Versorgung der Feten essentiell und kann eine hohe faktische Fruchtbarkeit sichern, weil davon insbesondere kleinere Feten profitieren (REDMER ET AL., 2004).

BIENSEN ET AL. (1998) führten Messungen zum Gewicht und zur Körperlänge der Feten von Meishan und Yorkshire an den Trächtigkeitstagen 70, 90 und 110 durch. Die Ergebnisse, ergänzt um die ermittelten Werte für die Feten der Deutschen Landrasse sind in Tabelle 39 dargestellt. Die Werte für das Körpergewicht der Feten der Deutschen Landrasse fügen sich in den Trend der Körpermasseentwicklung ein. Die Werte für die Körperlänge sind höher als die der Feten von Yorkshire und Meishan.

Tab. 39: Gewichte und Länge der Feten von Meishan, Yorkshire und Deutscher Landrasse am 70., 80., 90. und 110. Trächtigkeitstag (ergänzt nach BIENSEN ET AL., 1998)

| | **Gewicht der Feten in g** | | **Körperlänge in cm** | |
|---|---|---|---|---|
| **TT** | **Meishan** | **Yorkshire** | **Meishan** | **Yorkshire** |
| 70 | 165 ± 5 | 250 ± 8 | 15,2 ± 0,2 | 17,8 ± 0,2 |
| **80** | **384 ± 112 (DL)** | | **24,8 ± 3,2 (DL)** | |
| 90 | 464 ± 13 | 508 ± 21 | 20,4 ± 0,2 | 22,1 ± 0,3 |
| 110 | 901 ± 24 | 1.231 ± 43 | 25,7 ± 0,3 | 30,0 ± 0,2 |

WILSON ET AL. (1999) schlagen vor, für eine Verbesserung hinsichtlich der Wurfgröße Sauen zu selektieren, die eine kleine aber effiziente Plazenta aufweisen. Eine alleinige Selektion auf eine verbesserte Plazentaeffizienz ist möglich und würde zu einer verbesserten Wurfgröße bei gleichzeitiger Verringerung der mittleren Geburtsgewichte führen. BRÜSSOW (2007) und BRÜSSOW UND WÄHNER (2008) verweisen auf zwei mögliche gegeneinander abzuwägende Zuchtrichtungen. Einerseits kann durch die Verbesserung der Plazentaeffizienz die Wurfgröße (maximal) erhöht werden. Die Ferkel weisen dann aber geringere Wurfgewichte auf. Andererseits gibt es die denkbare Zuchtrichtung auf eine optimale (aber geringere) Anzahl an Ferkeln je Wurf. Eine Wurfgröße von 12 bis 14 Ferkeln bietet höhere Chancen auf ausgeglichene Wurfgewichte und eine verbesserte Vitalität der Ferkel. Eine Entscheidung für eine der beiden Varianten ist, im Hinblick auf die spätere biologische Leistung des Tieres (z. B. Muskelwachstum, Fleischqualität, Gesundheitsstatus) sowie den haltungstechnologischen Aufwand z.B. in Bezug auf den Fütterungsaufwand sowie zu planende Stallkapazitäten, ökonomisch zu bewerten und zu beurteilen.

### 6.1.2 Verlustraten zum 2. Trächtigkeitstag

Die Anzahl der ermittelten Gelbkörper war in diesen Untersuchungen unterschiedlich und teilweise sehr hoch. Bei fast der Hälfte der untersuchten Sauen (45%) wurden mehr als 25 c.haem., maximal 49, dokumentiert. Im Durchschnitt wurden bei diesen 13 Jungsauen jedoch lediglich 9,8 Eizellen, davon 8,1 intakt gefunden. Dies zeigt, dass eine derart hohe Anzahl an Ovulationen nicht zu einer ebenfalls hohen Anzahl an Eizellen führt. Die Auffinderate von 60% ist zu berücksichtigen, aber mehr als 25 Ovulationen bei Jungsauen sind als sehr hoch einzuschätzen. Sinnvoll ist es in diesem Zusammenhang die biotechnische Stimulation der Jungsauen zu überprüfen und im Zweifelsfall die PMSG Dosierung zu reduzieren oder den Zeitabstand zwischen der letzten Gabe von Regumate® und der PMSG-Injektion zu verlängern. SCHNURRBUSCH (2002) berichtet, dass eine Verlängerung des Zeitabstandes von 24h auf 36h mit einer Verbesserung der Überlebensrate der Embryonen von 49% auf 65% zum TT 9 einhergeht. In zwei Betrieben wurde der Zeitabstand bei Jungsauen zwischen letzter Regumategabe und PMSG von 24h auf 42h erhöht. Die mittlere Anzahl lebend geborener Ferkel/Wurf stieg im Vergleich zur Kontrollgruppe von 9,6 auf 10,4 in Betrieb 1 und von 8,9 auf 9,2 in Betrieb 2 signifikant an. Die Ferkelrate (Anzahl LGF/100 Erstbesamungen) erhöhte sich ebenfalls signifikant von 724 auf 870 in Betrieb 1 und von 511 auf 660 in Betrieb 2 (SCHNURRBUSCH, 2002).

Zudem bleibt eine exakt durchgeführte Besamung die Grundlage für eine hohe Ferkelanzahl. Die bei den Jungsauen festgestellte Anzahl akzessorischer Spermien je Eizelle war mit 5 - 10 Spermien niedrig. Dieser Befund kann sowohl in der Qualität des eingesetzten Spermas als auch im Termin der Besamung begründet sein. Fehler im Besamungsregime sowie in der biotechnischen Zyklussteuerung können zur Nichtbefruchtung oder Befruchtung überalteter Eizellen führen (SCHNURRBUSCH, 2002). Teilweise wurden lediglich in einem Eileiter befruchtete Eizellen aufgefunden. Ein Zusammenhang mit den hohen Ovulationen (Superovulationen) kann nicht ausgeschlossen werden, da diese den Eizellentransport im Eileiter beeinflussen (BRÜSSOW ET AL., 1987). Ferner sollte darauf geachtet werden, die Jungsauen nicht in ihrem ersten Östrus zur Zucht zu benutzen. Diese Tiere können vermehrt Qualitätsmängel hinsichtlich der Eizellen aufweisen, so dass mit Leistungseinbußen gerechnet werden muss (SCHNURRBUSCH, 2002). Ein weiterer Aspekt ist, dass bei zu früher Zuchtbenutzung die Lebensleistung der Tiere zurückgeht. Bei den Untersuchungen zum TT 2 wurden nur bei 8 von 29 Jungsauen corpora albicantia gefunden. Fast 75 % der Tiere wurde demzufolge im ersten Zyklus zur Besamung aufgestellt. Das kann die niedrigen Werte für die aufgefundenen und intakten Eizellen teilweise erklären.

### 6.1.3 Verluste zum 30. Trächtigkeitstag

Von den insgesamt 576 untersuchten Embryonen an TT 30 wurden 91 als degeneriert eingestuft. Dies entspricht einem Prozentsatz von 15,8%. Diese Embryonen waren entweder blutunterlaufen oder bewegten sich frei im Lumen des Uterushorns. Möglicherweise sind nicht alle der als degeneriert eingestuften Embryonen echte Verluste. Der Einfluss des Schlachtungsprozesses auf den Zustand der Embryonen ist nicht auszuschließen. Ein Vergleich der Embryonenqualität am TT 30 nach operativer Gewinnung der Embryonen mittels Hysterektomie bzw. nach der Schlachtung ergab einen höheren Anteil als degenerativ eingestufter Embryonen (24% *vs*. 0%) nach den mechanischen Einwirkungen im Schlachtprozess (BRÜSSOW, persönl. Mitteilung).

Hohe embryonale Verluste korrelieren nach LUTTER ET AL. (1981) mit niedrigen Geburtsgewichten der Ferkel. VAN DER LENDE ET AL. (1999) beschreiben einen Zusammenhang zwischen embryonaler Mortalität und einem unterschiedlichen Entwicklungsstand der Embryonen. Eine geringe Innerwurfvarianz zur Abferkelung müsste

demzufolge mit niedrigen embryonalen Verlusten einhergehen. In unseren Untersuchungen konnte diese Beziehungen aufgrund der Versuchsanstellung nicht geprüft werden.

Mindestens 13 - 14 lebend geborene und vitale Ferkel sind Voraussetzung für eine wirtschaftliche Ferkelproduktion. Unter Berücksichtigung der fetalen Verluste (etwa 2%) und der Verluste direkt zur Abferkelung (etwa 4%, wie in diesen Untersuchungen im Projekt 2 ermittelt) sind 15 bis 20 intakte Embryonen zum TT 30 anzustreben. Diese Anzahl wird mit Ausnahme der Jungsauen in Cluster 2 von den Jungsauen aller anderen Cluster erreicht (vgl. Abb. 13, S. 67). Somit haben 82% der untersuchten Sauen das Potential, Wurfgrößen in der gewünschten Höhe zu realisieren. Dieses Potential wird aber unterschiedlich erreicht. Sauen des Clusters 4 weisen eine sehr hohe Anzahl CL und mit 66% eine sehr hohe Verlustrate auf. Lediglich ein Drittel der befruchteten Eizellen ist als intakter Embryo am TT 30 wiederzufinden. Interessant sind die Jungsauen, die dem Cluster 3 zugeordnet wurden. Diese weisen mit 19,5 intakten Embryonen und einer im Vergleich niedrigen Verlustrate die besten Voraussetzungen für eine hohe Anzahl lebend geborener Ferkel auf. Die Jungsauen des Clusters 1 erreichen mit einer relativ geringen Anzahl CL aber mit der niedrigsten Verlustrate das Potential der Jungsauen des Clusters 3.

### 6.1.4 Verluste zum 80. Trächtigkeitstag

Die Verluste zum 80. Trächtigkeitstag werden in Form von mumifizierten Früchten sichtbar. In diesem Stadium befanden sich 3,8% aller aufgefundenen Feten. Eine Häufung bei einzelnen Tieren trat nicht auf. Das durchschnittliche Gewicht der Mumien lag mit 80,8g wesentlich unter dem Gewicht intakter Feten (391,2g). Das deutet darauf hin, dass der Todeszeitpunkt der betreffenden Feten einige Wochen zurück lag.

Basierend auf Untersuchungen von VAN DER LENDE (1989) kann von der Körperlänge der mumifizierten Feten auf deren Alter rückgeschlossen werden. Dabei wird ein lineares Wachstum (WARWICK, 1928) sowie als Bezugspunkt eine Körperlänge von <1cm am TT 35 und eine Körperlänge von 33cm am TT 100 angenommen (VAN DER LENDE, 1989). In unseren Untersuchungen weisen die kleinsten Mumien eine Körperlänge von 4,5cm, die größte Mumie von 22cm auf. Demzufolge sind die kleinsten mumifizierten Feten etwa am TT 40 und der älteste Fetus am TT 80 verstorben. VAN DER LENDE UND VAN RENS (2003) sprechen von drei kritischen Perioden während der fetalen Phase, TT 35–40, TT 55–75 und

nach TT 100 bis zum Ende der Trächtigkeit. Zum TT 55–75 weisen die Mumien eine Körpergröße zwischen 10–21cm auf. In unseren Untersuchungen sind mit Ausnahme der beiden kleinsten (4,5cm) und der größten Mumie (22cm) alle mumifizierten Feten in diesen Größenbereich einzuordnen. Daraus folgt, dass 11 der 14 Mumien, entsprechend 79%, im zweiten als kritisch angesehenen Zeitraum TT 55–75 verstorben sind. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des Fetus mit 22cm Körperlänge erhöht sich der Anteil auf 86%.

Nach VAN DER LENDE UND VAN RENS (2003) stimmen die drei benannten kritischen Phasen für die fetale Mortalität im Wesentlichen mit den Perioden des Wachstums der Plazenten überein. Zwischen TT 20 und TT 30 erfolgt das größte Längenwachstum der Plazenten (KNIGHT ET AL., 1977). Untersuchungen von KNIGHT ET AL. (1977) lassen den Schluss zu, dass das Ausmaß des Wachstums der Plazenten direkt einen Einfluss auf das spätere Wachstum der Feten und deren Überlebenschancen hat. Das Längenwachstum der Plazenten reicht etwa bis zum TT 60 (Warwick, 1928; KNIGHT ET AL., 1977), bleibt konstant bis zum TT 100 und setzt danach wieder ein (POMEROY, 1960; BIENSEN ET AL., 1998; WILSON ET AL., 1998). Das Längenwachstum geht der zunehmenden Gewichtsentwicklung der Plazenten voraus (KNIGHT ET AL., 1977). PERE ET AL. (1997) verweisen auf den Zusammenhang zwischen dem Platz je Fetus und der Anzahl mumifizierter Feten. Durch ein Begrenzen des Platzangebots je Fetus auf ein Uterushorn stieg die Anzahl an Mumien bis auf 2 je Wurf an.

Die Clusteranalyse verdeutlicht große Unterschiede zwischen den Jungsauen (vgl. Abb. 14, S. 69). Die Einordnung der Sauen in die Cluster erfolgte nicht gleichmäßig. 24 der 30 Sauen wurden in die Cluster 1 und 4 eingestuft. Das entspricht einem Anteil von 80,0%. Bei diesen Sauen sind die Verluste von insgesamt gefundenen zu intakten Feten mit 0,4 (Cluster 1) und 0,3 (Cluster 4) am geringsten. Die Verlustraten bezogen auf die Anzahl CL zu intakter Feten ist ebenfalls bei den Jungsauen dieser beiden Cluster am niedrigsten. Nur bei den Tieren im Cluster 1 mit im Durchschnitt 14,5 intakten Feten liegt eine gute Voraussetzung für eine hohe Anzahl an lebend geborenen Ferkeln vor. In Verbindung mit der Verlustrate in Höhe von 37,7% sind diese Sauen von den untersuchten Tieren am besten in der Lage, das Potential an möglichen Ferkeln gemessen an der Anzahl CL in intakte Feten umzusetzen. Die Sauen, die dem Cluster 2 zugeordnet wurden, haben zwar eine höhere Anzahl an CL vorzuweisen, jedoch ist die Verlustrate mit 69,4% sehr hoch und resultiert lediglich in 8,7 intakten Feten zum 80. TT. Die Sauen, die dem Cluster 4 zugeordnet wurden, weisen mit 22,6% die niedrigsten Verluste auf, was am 80. TT in 11,3 intakten Feten im Durchschnitt zu sehen ist.

Für das angestrebte Ziel von prognostisch 34 abgesetzten Ferkeln je Sau und Jahr bei 2,5 Würfen je Sau und Jahr sind 11,3 intakte Feten zum 80. TT bereits zu wenig.

Die Clusteranalyse ist ein hilfreiches mathematisches Modell, Möglichkeiten zu erkennen, wie bestimmte Wurfgrößen erreicht werden. Zur Abferkelung ist lediglich die Anzahl IGF und TGF sowie mumifizierter Ferkel zu erfassen. Es besteht kaum eine Möglichkeit, daraus Rückschlüsse auf Verluste während der Embryonalphase zu ziehen. In der Clusteranalyse werden die Unterschiede zwischen den Jungsauen sichtbar. Diese Ergebnisse liefern wertvolle Ansatzpunkte welche Familienstrukturen weiterführenden Untersuchungen unterzogen werden sollten.

### 6.1.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für Wissenschaft und Praxis

Embryonale Verluste sind bei DL-Sauen der modernen Zuchtrichtung präsent und relevant. Sie sind zum TT 30 sind mit 37% höher als in der Literatur angegeben. Die fetalen Verluste von 1% sind gering und deuten auf eine optimale Versorgung der Sauen bis zum TT 80 hin. Allerdings ist die Anzahl intakter Feten mit 11,8 in einem Bereich, der die Zielsetzung von 30 und mehr abgesetzten Ferkel je Sau und Jahr unrealistisch erscheinen lässt. Das intrauterine Platzangebot ist weder am 30. noch am 80. Trächtigkeitstag generell limitierend. Ein wesentlicher Anteil an Sauen hat ein hohes Wurfgrößenpotential, so dass die Untersuchung der Uterusgewebeproben an Implantations- und nicht Implantationsstellen speziell bei den Sauen aus dem Cluster 1 zum TT 80 sinnvoll erscheint. Hier können sich molekulargenetische Ansatzpunkte für eine züchterische Nutzung ergeben.

Der limitierende Faktor für hohe Anzahlen vitaler Ferkel ist nicht der Eierstock sondern der Uterus. Das Potential an Eizellen ist sehr groß und nicht unmittelbar begrenzend. Die Uteruskapazität in Verbindung mit einer hohen Plazentaeffizienz und einer ebenfalls hohen Blutgefäßdichte in der Plazenta beeinflussen maßgeblich die Anzahl an Ferkeln, die ausreichend mit Nährstoffen versorgt werden können. Für die von BRÜSSOW UND WÄHNER (2008) genannten zwei möglichen Zuchtrichtungen sind Grundlagenuntersuchungen notwendig. Im Vergleich zur chinesischen Rasse Meishan ist bisher wenig zur Stoffwechselleistung des Uterus bei Sauen der Deutschen Landrasse in den verschiedenen Phasen der Trächtigkeit bekannt. Die Fragestellung der Versorgung des Fetus mit Nährstoffen und Blut in Beziehung zu Wachstumsparametern des Fetus muss grundlegend wissenschaftlich untersucht werden.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen zur Höhe der embryonalen und fetalen Mortalität ist eine weiterführende Betrachtung in ausgewählten Familienstrukturen mit differenten Fruchtbarkeitsleistungen sinnvoll. So können eventuell genetische Marker für die Merkmale Plazentaeffizienz, Stoffwechselleistung des Uterus sowie Blut- und Nährstoffversorgung gefunden und züchterisch genutzt werden.

Eine direkte Umsetzung der Ergebnisse aus dem Projekt 1 in die landwirtschaftliche Praxis ist schwierig. In dem untersuchten Unternehmen sollte weiterhin auf die Wurfgröße kombiniert mit dem Geburtsgewicht der Ferkel selektiert werden. In den letzten vier Jahren erfolgte bereits bei allen Reinzuchtwürfen eine kontinuierliche Erfassung der Geburtsgewichte der

Einzeltiere. Diese Werte werden für die Berechnung eines Fruchtbarkeitszuchtwertes des Mitteldeutschen Schweinezuchtverbandes e.V. genutzt. Bei der Berechnung dieses Zuchtwertes wird neben den Geburtsgewichten und der Anzahl der Ferkel die Streuung der Geburtsgewichte mit einbezogen. Sauen mit großen Würfen und einer breiten Streuung der Geburtsgewichte erhalten einen geringeren Zuchtwert als Sauen mit mittleren Wurfgrößen und ausgeglichenen Geburtsgewichten. Indirekt erfolgt bei Berücksichtigung dieses Zuchtwertes eine Verbesserung der Uteruskapazität bei gleichzeitiger Beachtung der Plazentaeffizienz.

Neben der Anwendung der neuen Zuchtwerte ist die Gestaltung einer optimalen weitgehend stressfreien Umwelt für die Tiere von großer Bedeutung. In der Zeit zur Besamung bis zur Beendigung der Implantationsphase können, mit bis zu 64% in unseren Untersuchungen, anteilig die meisten Verluste auftreten. Deshalb ist besonders in diesem frühen Stadium der Trächtigkeit auf gute Haltungsbedingungen zu achten. Negativer Stress sollte vermieden, das Stallklima hinsichtlich der Luftqualität und der Strömungsverhältnisse kontrolliert und die Fütterung bedarfsgerecht zusammengestellt werden. Eine intensivere Beobachtung und Kontrolle der Tiere ist in dieser Reproduktionsphase generell ratsam.

## 6.2 Projekt 2

Das Leistungsniveau der untersuchten Sauen ist mit 11,0 LGF in Betrieb A und 10,7 LGF in Betrieb B als gut einzuschätzen. Die Datenaufnahme in Betrieb A erfolgte in den Jahren 2003 bis 2005. Auswertungen des ZDS (2007) für Sauen der Deutschen Landrasse für diesen Zeitraum belegen den guten Leistungsstand. Im Jahr 2003 wurden 10,6 und im Jahr 2005 10,9 Ferkel je Wurf lebend geboren. Erst 2006 wurden deutschlandweit 11 LGF/Wurf erreicht. Gleiches gilt für die Einschätzung der Fruchtbarkeitsleistungen in Betrieb B. Die Dokumentation der Abferkelung erfolgte im Jahr 2003, sodass im Vergleich zur überregionalen Auswertung des ZDS ebenfalls gute Ergebnisse erzielt werden konnten.

Die Anzahl tot geborener Ferkel ist in beiden Betrieben unterschiedlich hoch. Den mit 0,7 je Wurf tot geborenen Ferkeln in Betrieb A stehen 0,4 tot geborene Ferkel in Betrieb B gegenüber. Verglichen mit Ringauswertungen des Sächsischen Landeskontrollverbandes e.V. und des Mitteldeutschen Schweinezuchtverbandes e.V. ist die Anzahl tot geborener Ferkel in beiden Betrieben als niedrig einzustufen. Deren Auswertungen bestätigen für den Zeitraum 2004 bis 2007 eine mittlere Anzahl von 0,9 (2004) bis 1,1 (2007) tot geborenen Ferkeln in mitteldeutschen Betrieben.

Die perinatale Mortalität ist in dieser Untersuchung definiert als die Höhe der Verluste direkt zum Zeitpunkt der Abferkelung. Abgänge in den folgenden Lebenstagen blieben unberücksichtigt, da die Datenaufnahme mit Austreiben des letzten Ferkels beendet war. Die perinatale Mortalität ist in beiden untersuchten Betrieben mit 6,2% für Betrieb A und 3,6% für Betrieb B gering. Die Werte ordnen sich in den in der Literatur beschriebenen Umfang ein. KALICH ET AL. (1967) beziffern die Verluste durch Totgeburten mit 4%. RANDALL (1972b) ermittelte Werte von 6,8% an tot geborenen Ferkeln, GLODEK (1992) geht von 6-7% aus und DAZA ET AL. (1999) registrierten 3,2% tot geborene Ferkel. Während EDWARDS (2002) 4-8% an Verlusten direkt zur Abferkelung als ein normales Maß annimmt, gehen VAN RENS ET AL. (2005) von 3-8% aus. Als akzeptablen Höchstwert für Verluste durch Totgeburten zur Abferkelung gibt HÖRÜGEL (1996) 5% an. Dieser wird in Betrieb A im Gegensatz zu Betrieb B nicht erreicht. Jedoch sind die Prozentzahlen niedriger als die von HEINZE UND MENZEL (2006) ermittelten Werte für 53 Bestände in Thüringen. Hier betrugen die niedrigsten Totgeburtenraten 7,9%.

In Betrieb B war die Anzahl tot geborener Ferkel mit n = 16 sehr gering. In Betrieb A erhöhte sich der Anteil an Würfen mit tot geborenen Ferkeln mit zunehmender Wurfgröße auf bis zu 69 %. Im Durchschnitt verliefen 55% in Betrieb A und 70% aller Abferkelungen in Betrieb B ohne das Auftreten tot geborener Ferkel. Vergleichbare Werte wurden in Untersuchungen von PRANGE (1981) und PRANGE UND SCHÄFFER (1998) erhoben.

Das Auftreten toter Ferkel im Verlauf eines Wurfes gleicht Angaben aus der Literatur. RANDALL (1972b) berichtet über 67% der tot geborenen Ferkel im letzten Drittel des Wurfes auf. Besonders der Anteil an Ferkel, die während der Austreibung verendeten, war erhöht. HARTSOCK UND GRAVES (1976) ermittelten hochsignifikante Beziehungen ($p<0,01$) mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,77 für das Ansteigen der Anzahl tot geborener Ferkel mit zunehmender Ferkelzahl. Für das 10. und 11. Ferkel ermittelten sie Verluste in Höhe von 30%. In Versuchen von MOTA-ROJAS ET AL. (2002) mit verschieden Oxytocingaben zur Abferkelung wurde bei Kontrolltieren festgestellt, dass hinsichtlich der Geburtsreihenfolge 9% der Totgeburten beim 1.-4. Ferkel, 16% beim Ferkel 5-9 und die Mehrheit an Totgeburten ab dem 9. Ferkel mit 75% auftreten. In dem untersuchten Betrieb A bestätigen sich die Angaben. Es findet lediglich eine Verschiebung der Verluste in den Bereich 5.-9. Ferkel statt. In diesem Abschnitt der Wurfreihenfolge treten 25% der Verluste auf. Trotz der geringen Anzahl an TGF konnte für den Betrieb B ebenfalls ein Anstieg der Totgeburten im Wurfverlauf festgestellt werden. Die meisten tot geborenen Ferkel traten dabei ab Ferkelnummer 13 auf. BILLE ET AL. (1974) beschreiben ebenfalls einen Zusammenhang zwischen der Wurfgröße und dem Ansteigen des Anteils tot geborener Ferkel. In diesen Untersuchungen betrug der Anteil tot geborener Ferkel 9% bei einer Wurfgröße von 5 IGF und stieg bis auf 25% bei ≥16IGF an. LEENHOUWERS ET AL. (1999) bestätigen den Zusammenhang zwischen der Anzahl tot geborener Ferkel und der Wurfgröße und nennen als weitere Einflussgrößen die Länge der Trächtigkeit und das mittlere Geburtsgewicht der Ferkel. Erfolgt die Abferkelung vor dem 110. TT, steigt die Anzahl tot geborener Ferkel auf 1,8 je Wurf an. Dieser Wert ist im Zusammenhang mit einem zu dem frühen Zeitpunkt geringeren Geburtsgewicht der Ferkel zu sehen.

### 6.2.1 Geburtsgewicht

Nach GLODEK (1992) beträgt das durchschnittliche Geburtsgewicht eines Ferkels 1,2kg, nach PRANGE (2001b) liegt der optimale Bereich zwischen 1,4 und 1,6kg. WEHREND (2008) bezeichnet die Spanne von 1,6 bis 1,8kg als optimales Geburtsgewicht. In beiden untersuchten Betrieben lag das mittlere Geburtsgewicht in der von PRANGE (2001b) angegebenen Spanne 1,45kg im Betrieb A und 1,51kg im Betrieb B. Nach PRANGE (2001b) sind weibliche Ferkel um 30 bis 50g leichter als männliche Ferkel. In Betrieb A wurde dieser Unterschied bestätigt. Der Gewichtsunterschied betrug 50g und war signifikant. In Betrieb B wurde dagegen kein geschlechtsspezifischer Unterschied festgestellt. In Untersuchungen von JUNGHANS (1992) war der geschlechtsspezifische und signifikante Unterschied in zwei Versuchen mit 93 und 66g noch höher als in den eigenen Untersuchungen.

Ein niedriges Geburtsgewicht geht mit einem erhöhten Risiko an Totgeburten einher (LEENHOUWERS ET AL., 1999). Der Anteil an Totgeburten stieg bei einem Geburtsgewicht unter 1kg in Untersuchungen von MEYER ET AL. (1976) auf 32% an. Dieses Ergebnis kann mit Ergebnissen aus Betrieb A bestätigt werden, denn 39% der toten Ferkel wiesen ein Geburtsgewicht von 1000g und darunter auf. Allerdings erreichten in 45% der Fälle die tot geborenen Ferkel ein Gewicht von 1,6kg und darüber, so dass diese Ferkel, falls sie lebend geboren wären, gute Entwicklungschancen gehabt hätten. PRANGE UND SCHÄFFER (1998) bestätigen in ihren Erhebungen diese Verteilung der Geburtsmassen. In Untersuchungen von QUINIOU ET AL. (2002) lag die Mortalitätsrate bei einem Geburtsgewicht von 0,8 – 1,0kg bei 29%. Bei einem Absinken des Geburtsgewichtes auf 600g stieg die Mortalitätsrate auf 52%, ein weiteres Absinken der Geburtsmasse auf unter 600g hatte eine Sterblichkeitsrate von 85% zur Folge.

Das Geburtsgewicht lebend und tot geborener Ferkel unterschied sich in beiden Betrieben. Lebend geborene Ferkel sind schwerer. HÖRÜGEL (1996) gibt eine Differenz von 250 – 300g bezogen auf die Geburtsgewichte der insgesamt geborenen Ferkel an. In unseren Untersuchungen wurde die Differenz nicht auf das Gewicht der insgesamt geborenen Ferkel bezogen, sondern der direkte Unterschied zu den lebend geborenen Ferkeln ermittelt. In Betrieb A ergab sich eine signifikante Differenz von 230g (lebend 1,48kg, tot 1,25kg); für Betrieb B von 260g (lebend 1,53kg, tot 1,27kg). Die Standardabweichungen für die Geburtsgewichte der lebend geborenen als auch für die tot geborenen Ferkel sind in beiden

Betrieben vergleichbar; für lebend geborene Ferkel 0,35kg und 0,32kg, für tot geborene Ferkel 0,45kg und 0,48kg. Eine Betrachtung der Differenz bezogen auf insgesamt geborene Ferkel kann zu verfälschten, d.h. zu niedrigen Ergebnissen führen, weil bei den insgesamt geborenen Ferkeln die tot geborenen Ferkel mit inbegriffen sind und dadurch der Mittelwert absinkt. Vor diesem Hintergrund sind die ermittelten Differenzen für das Geburtsgewicht mit 230g und 260g vergleichsweise niedrig.

HÖRÜGEL (1996) untersuchte ca. 5.500 Ferkel im Hinblick auf das Geburtsgewicht und das Verlustgeschehen während der Säugezeit (Abbildung 22). Dabei ist eindeutig zu erkennen, dass ein niedriges Geburtsgewicht mit hohen Verlusten infolge von Erkrankungen einhergeht. In unseren Untersuchungen waren 72% bzw. 78% der Ferkel schwerer als 1,2kg (gekennzeichnet mit grau schraffiertem Bereich), so dass das Risiko für Verluste für diese Ferkel infolge von Erkrankungen geringer als 10% ist. Ein niedriges Geburtsgewicht ist nach HÖRÜGEL (1996) jedoch direkt oder indirekt für 2/3 der Gesamtverluste bis zum Absetzen verantwortlich.

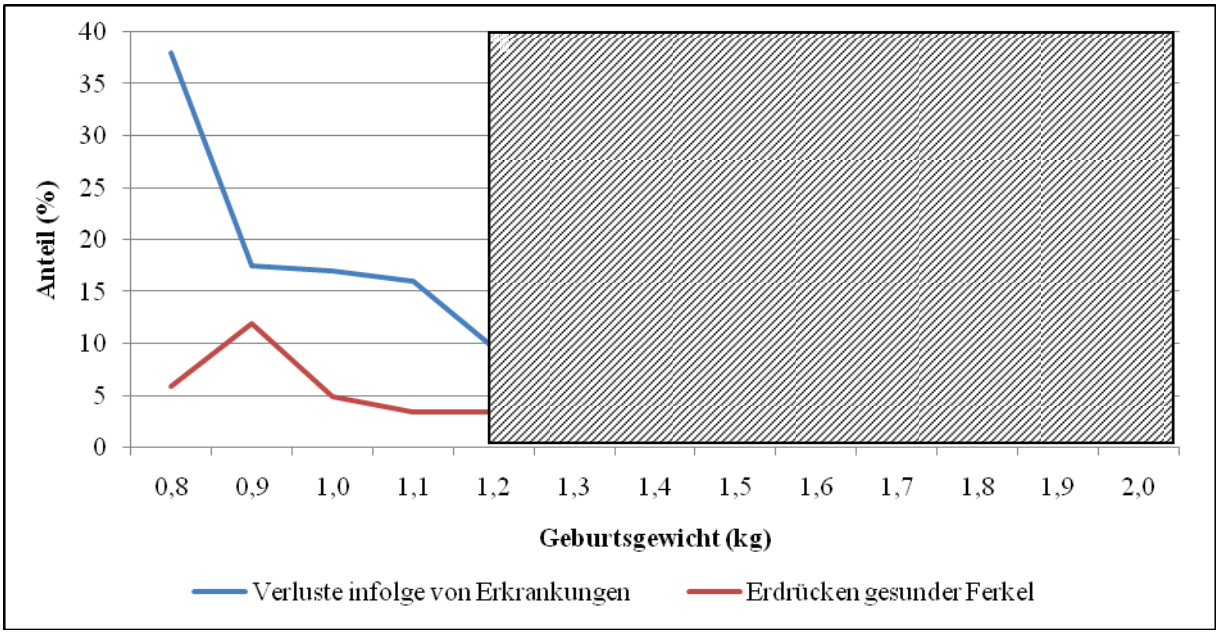



Abb. 22: Beziehung zwischen Geburtsgewicht und Ferkelverlusten nach HÖRÜGEL (1996) kombiniert mit Ergebnissen der Betriebe A und B

HÖRÜGEL (1995, 1996, 1999) sowie HEINZE UND RAU (2007) betonen ebenfalls die Bedeutung des Geburtsgewichtes. Für eine weiterführende Beurteilung eines Wurfes geben sie den Anteil an Ferkeln mit einer Geburtsmasse unter 1,0kg (HÖRÜGEL, 1999) bzw. 0,75kg an (HEINZE UND RAU, 2007). Ein Ansteigen der Wurfgröße führt zu einem Absinken des mittleren Geburtsgewichtes, was wiederum zu einem erhöhten Anteil an Ferkeln mit

niedrigem Geburtsgewicht (<1kg) führen kann. In Betrieb A zeigt sich dieser Trend. Der Anteil leichter Ferkel stieg von 10% bei der Wurfgröße <10 auf einen Anteil von 19% bei mehr als 16 Ferkeln. In Betrieb B war diese Tendenz weniger stark ausgeprägt, der Anteil stieg dennoch an von 5% bei weniger als 10 Ferkeln auf 9% bei mehr als 13 Ferkeln. Die Standardabweichungen sind für diesen Wert jedoch sehr hoch (vgl. Abbildung 23). Es gibt Sauen, die große Würfe (IGF>15) mit einem mittleren Geburtsgewicht größer 1,5kg erbringen. In beiden untersuchten Betrieben (A und B) sind Sauen vertreten, die bei einer Wurfgröße IGF=16 kein Ferkel mit einem Geburtsgewicht unter 1kg aufweisen und das mittlere Geburtsgewicht über 1,5kg liegt. Diese Tiere weisen eine sehr gute Uteruskapazität verbunden mit einer ebenfalls sehr guten Plazentaeffizienz auf. Andererseits wäre die sehr gute Wurfleistung und Wurfqualität nicht zu realisieren. HÖRÜGEL (1999) bestimmt als Richtwert für die Sauen mit guter Wurfqualität eine Wurfmasse von 10kg für Jungsauen und 12kg für Altsauen sowie ein mittleres Geburtsgewicht der Ferkel von mehr als 1kg für Jungsauen. Die Wurfleistung der Sauen hat sich in den letzten 10 Jahren verbessert. Das zeigt zum Beispiel die mittlere Wurfmasse und das mittlere Geburtsgewicht in Betrieb B. Die Wurfmasse liegt mit 17kg für Jung- und Altsauen gemeinsam weit über den geforderten 12kg von HÖRÜGEL (1999). Das mittlere Geburtsgewicht liegt bei 1,54kg und ist deutlich über 1kg.

QUINIOU ET AL. (2002) untersuchten 965 Würfe mit ca. 12.000 Ferkeln hinsichtlich der Variation der Geburtsgewichte und mögliche Auswirkungen auf das Verlustgeschehen während der Säugezeit. Diese Ergebnisse sind in Abbildung 24 in Verbindung mit den Ergebnissen der beiden untersuchten Betriebe dargestellt. Für Betrieb B erfolgte aufgrund der geringen Sauenanzahl keine Darstellung in der Klasse IGF≥16. QUINIOU ET AL. (2002) bildeten keine Klasse IGF≤9. Im Vergleich ist zu erkennen, dass die mittleren Geburtsgewichte in Betrieb B in den Wurfklassen IGF 12–13 und 14-15 am höchsten sind. Zudem ist die Reduzierung der Geburtsgewichte zwischen den Klassen nicht so stark wie für Betrieb A und die französischen Daten. Der Anteil an untergewichtigen Ferkeln (<1kg) ist für Betrieb B in allen Klassen am niedrigsten. Für Betrieb A und die Daten aus Frankreich ist sowohl für die Geburtsgewichte als auch für den Anteil leichter Ferkel ein nahezu identischer Kurvenverlauf zu erkennen. Eine hohe Anzahl an lebend geborenen und vitalen Ferkeln ist das Ziel in der Schweinezucht. Die Sauen in Betrieb B sind aufgrund des geringeren Anteils an untergewichtigen Ferkeln auch bei höheren Wurfgrößen mit ihren Ergebnissen denen in Betrieb A vorzuziehen.

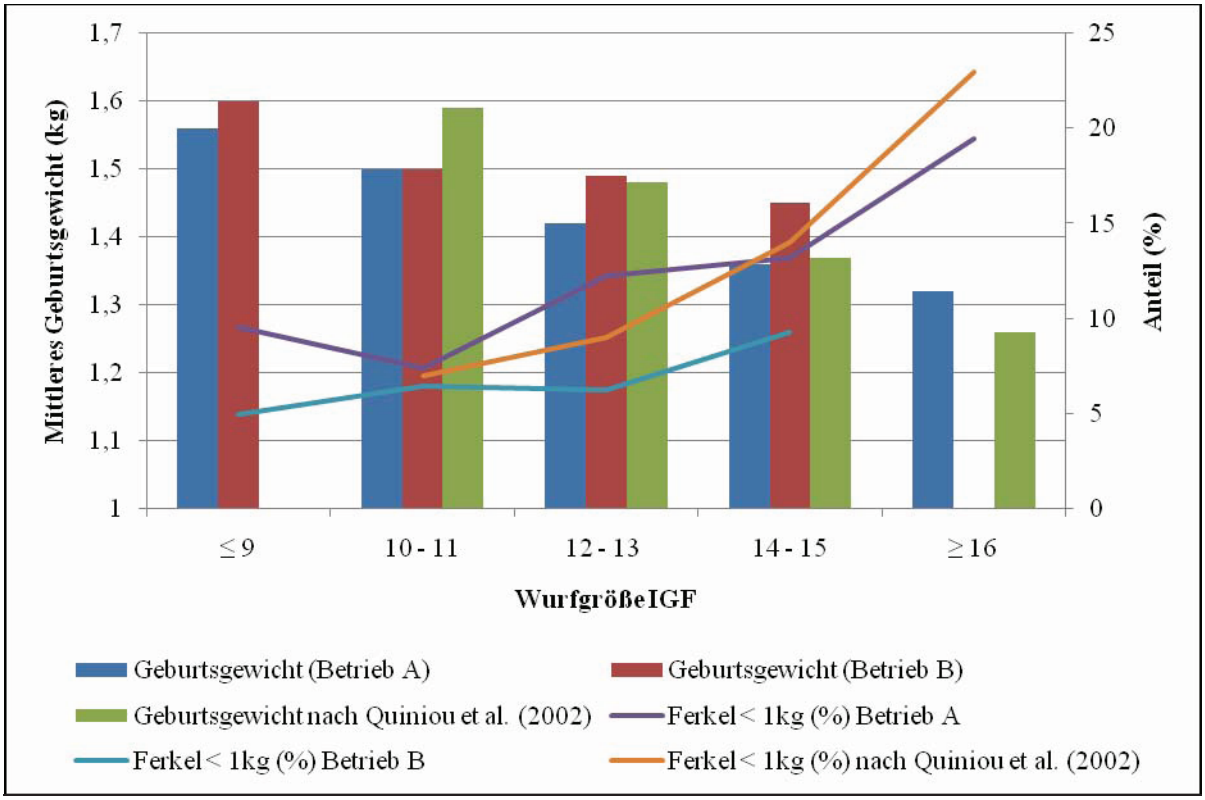



Abb. 23: Vergleichende Betrachtung des mittleren Geburtsgewichtes (kg) und des Anteils leichter Ferkel (<1kg) in % für beide Betriebe im Vergleich zu Daten von QUINIOU ET AL. (2002)

Aus der geringeren Standardabweichung für die Werte zum Geburtsgewicht und zum Anteil leichter Ferkel ist abzuleiten, dass die Würfe in Betrieb B ausgeglichener sind. Das führt zu geringeren Verlusten sowie zu besseren Zunahmeleistungen während der Säugezeit (HÖRÜGEL, 1995; QUINIOU ET AL., 2002; LEAFLET, 2005).

HEINZE UND RAU (2007) führten in drei thüringischen Ferkelerzeugerbetrieben Untersuchungen zum Geburtsgewicht der Ferkel durch. Diese hatten zu den eigenen untersuchten Betrieben einen vergleichbaren Leistungsstand, jedoch waren in Thüringen in zwei Betrieben deutlich höhere Anteile an Totgeburten mit einem Geburtsgewicht von unter 1kg zu verzeichnen. Im Betrieb A hatten 39% der tot geborenen Ferkel ein Geburtsgewicht unter 1kg. In den thüringischen Betrieben waren für diese Gewichtskategorie 53% der tot geborenen Ferkel zu verzeichnen. HEINZE UND RAU (2007) begründen den hohen Anteil ebenfalls mit einem zu frühen Abreißen der Nabelschnur und somit einer Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr. Mit steigenden Geburtsgewichten nahm in den thüringischen Untersuchen der Anteil tot geborener Ferkel kontinuierlich ab. Für Betrieb A ist dieser Trend nicht zu verzeichnen. Die meisten Verluste treten bis zu einem Geburtsgewicht von 1kg auf, danach sinkt der Anteil tot geborener Ferkel auf etwa 12% in der Gewichtsklasse 1,0kg bis 1,4kg und

steigt danach wieder an auf über 15% bei einem Geburtsgewicht bis 1,6kg. Erst danach verringert sich der Anteil toter Ferkel deutlich, wobei ab einem Geburtsgewicht von 2kg noch etwa 4% der toten Ferkel zu verzeichnen sind. Bei einer Geburtsmasse von >2,4kg verschiebt sich der Anteil lebend zu tot geborener Ferkel. In dieser Gewichtskategorie werden mehr tote als lebende Ferkel geboren. In den thüringischen Betrieben war dieser Trend nicht zu verzeichnen. Der Anteil toter Ferkel mit einem Geburtsgewicht >2kg lag in beiden Beständen unter 5% (HEINZE UND RAU, 2007).

Mehrere Autoren (ENGLISH UND SMITH, 1975; RÖHE UND KALM, 2000 und TUCHSCHERER ET AL., 2000) beschreiben neben dem Geburtsgewicht deren Innerwurfvarianz als wesentlichen Einflussfaktor auf die Verluste während der Säugezeit. In beiden untersuchten Betrieben wurden keine Verluste während der Säugezeit erfasst. Stattdessen wurde geprüft, ob zwischen der Innerwurfvarianz und der Anzahl tot geborener Ferkel ein Zusammenhang besteht. In beiden Betrieben gab es zwischen diesen Parametern keine Beziehung.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist der Zusammenhang zwischen dem Geburtsgewicht der weiblichen Ferkel und deren späteren Fruchtbarkeitsleistung als Sauen. HÖRÜGEL (1994) beschreibt aus Untersuchungen in den Jahren 1986/87 anhand der Daten von 2445 Sauen (Rotationskreuzung der Rassen Leicoma, Landrasse und Edelschwein), dass mit der Zunahme der Geburtsmasse der Ferkel um 100g ein eindeutiges Ansteigen der Lebenstagszunahme um 3,7g und ein um 2,5% erhöhter Anteil zuchttauglicher Jungsauen zu verzeichnen ist. An 598 Jungsauen wies HÖRÜGEL (1994) nach, dass mit einem Ansteigen des Geburtsgewichtes die spätere Abferkelrate sinkt, die Wurfgröße und die mittleren Geburtsmassen aber ansteigen. Die Rassen sind in dieser genetischen Konstruktion und Kombination heute seltener vorzufinden. Die Aussage bezüglich des Geburtsgewichtes der weiblichen Ferkel verbunden mit seiner Aussagekraft zu einer späteren Zuchtbenutzung und Lebensleistung verweist aber auf die Bedeutung dieses Merkmals. Bereits ab einem Geburtsgewicht von 1,4kg stieg der Anteil an zuchttauglichen Jungsauen auf über 50%. Dieser Wert blieb bis zu einem Geburtsgewicht von 2kg konstant. Leichte Ferkel (<1,1kg) wurden lediglich in 30% aller Fälle als Jungsau zur Zucht aufgestellt. In den untersuchten Betrieben lag das Geburtsgewicht der weiblichen Ferkel in Betrieb A bei 1,4kg. In Betrieb B war das Geburtsgewicht mit 1,5kg höher. Bezug nehmend auf HÖRÜGEL (1994) sind in diesem Betrieb sind die Chancen höher, aus weiblichen Ferkeln zuchttaugliche Jungsauen aufstellen zu können.

### 6.2.2 Austreibungszeit

Nach PRANGE (1981) beträgt die durchschnittliche Geburtsdauer für Jungsauen 217min, die Austreibungszeit je Ferkel 22,5min. Für Altsauen sind diese Werte mit 239min für die Geburtsdauer höher und 21,5min je Ferkel niedriger. Eine Verlängerung der Abferkeldauer auf 360min und mehr ist mit einem Ansteigen der tot geborenen Ferkel verbunden (RANDALL, 1972b; BILLE, 1974; GLODEK, 1992; KOLB, 2004). HEINZE UND MENZEL (2006) stellten bei Auswertungen von Daten aus dem Sauenplaner von 53 Beständen eine Zeitspanne für die Geburtsdauer von 1:45h bis 8:25h fest. Im Durchschnitt betrug der Abstand zwischen zwei Ferkeln 19min. GLODEK (1992) nennt 16min als zeitliches Intervall zwischen dem Austreiben zweier Ferkel. Die Austreibungszeiten für die Ferkel sind sehr tierindividuell. In der Tendenz lassen sich aber erhöhte Werte für tot geborene Ferkel dokumentieren. Im Regelfall beträgt der Zeitabstand zwischen der Austreibung zweier Ferkel etwa 20 - 30min (HOY, 2003).

RANDALL (1972b) dokumentierte große Unterschiede für die Austreibungszeiten von lebend und tot geborenen Ferkeln. Bei lebend geborenen Ferkeln lag die mittlere Austreibungszeit bei 13,3min. Wurde das Ferkel tot geboren, betrug die Austreibungszeit mit 26,2min fast das Doppelte. Die Tendenz einer verlängerten Austreibungszeit für tot geborene Ferkel lässt sich für beide untersuchte Betriebe bestätigen. Wurde das folgende Ferkel lebend geboren betrug der Zeitabstand zum Vorherigen 21,1min (Betrieb A) bzw. 17,9min (Betrieb B). War das Ferkel bereits verendet, verlängerte sich der Zeitabstand auf 32,6min bzw. 37,6min. Die Austreibungszeit je Ferkel war für das zweite Ferkel in beiden Betrieben jeweils vergleichsweise hoch. Diese Zeitspanne reduzierte sich für die folgenden fünf Ferkel von 34min auf 16min (Betrieb A) bzw. von 35min auf 10min (Betrieb B). Danach stieg die mittlere Austreibungszeit je Ferkel wieder an. Dieser Verlauf wird durch GLODEK (1992) und HEINZE UND MENZEL (2006) bestätigt. Die meisten Totgeburten treten nach Meinung von HEINZE UND MENZEL (2006) im letzten Wurfdrittel und vermehrt bei älteren Sauen auf. Die Wurfnummer hatte in ihren Untersuchungen einen Einfluss auf den Anteil tot geborener Ferkel. Er stieg ab dem 6. Wurf bis auf 12% an. In den in dieser Arbeit untersuchten Betrieben kann diese Aussage nicht bestätigt werden. Parallel mit der Wurfleistung der älteren Sauen stieg in Betrieb A zwar die Anzahl tot geborener Ferkel an, aber lediglich für primipare Sauen wurde in diesem Betrieb ein signifikanter Unterschied zu den Sauen im fünften und sechsten Wurf ermittelt.

Nach BÜNGER ET AL. (1984) und JUNGHANS (1992) ist, zusätzlich zur differenzierten Beurteilung des Ferkels hinsichtlich Aktivität, Körperbeherrschung und Orientierungsfähigkeit, das Geburtsgewicht ein wichtiger Indikator zum Einschätzen der Vitalität eines Ferkels. Zwischen dem Geburtsgewicht und dem Glykogengehalt der Leber bestehen positive Korrelationen von r=0,57 (MEYER ET AL., 1976). Weil bei neugeborenen untergewichtigen Ferkeln der relative Körpermasseanteil der Leber geringer ist als bei normalgewichtigen Ferkeln und andere Energiequellen fehlen, fällt bei leichten Ferkeln die Körpertemperatur wesentlich schneller ab und führt zu einem höheren Verlustrisiko (WAGNER ET AL., 1982; JUNGHANS, 1992). Aber auch schwere Ferkel können in ihrer Lebensfähigkeit beeinträchtigt sein (BÜNGER ET AL., 1983). Kommt es während der Austreibung zu Sauerstoffmangel infolge eines zu frühen Reißens der Nabelschnur sowie zum Lösen der Plazenta in Verbindung mit verlängerten Austreibungszeiten, so kann dies zu einem kurzfristig sehr hohen Abbau an Leberglykogen führen. Dies verursacht eine Stoffwechsellage für das Ferkel, die vom Geburtsgewicht ausgehend nicht zu erwarten wäre (VOLLHARDT, 1983; WESEMEIER, 1990). In beiden untersuchten Betrieben wurde visuell festgestellt, dass häufig die zuletzt geborenen Ferkel Vitalitätsnachteile aufwiesen. Die betroffenen Ferkel hatten im Regelfall ein Geburtsgewicht von >1,6kg, waren aber infolge des Sauerstoffmangels während der Austreibung offenbar in einer vergleichbaren Stoffwechsellage wie untergewichtige Ferkel.

### 6.2.3 Nabelschnur

Bei den zuerst geborenen Ferkeln ist die Nabelschnur nach GLODEK (1992) meist noch intakt, im weiteren Wurfverlauf nimmt der Anteil bereits durchtrennter Nabelschnüre zu und somit das Risiko tot geborener Ferkel (GENTRY, 2003). In beiden untersuchten Betrieben ist das Bild uneinheitlich. In Betrieb A bestand ein signifikanter Zusammenhang ($p<0,01$) bezüglich des Zustandes der Nabelschnur sortiert nach der Ferkelnummer. Zu Beginn der Abferkelung war der Anteil gerissener Nabelschnüre mit 28% geringer und erhöhte sich bis auf 42% beim 16. Ferkel. In Betrieb B war keine gerichtete Entwicklung zu erkennen. Der Anteil bereits gerissener Nabelschnüre betrug in der Wurffolge etwa 30%.

In Versuchen von RANDALL (1971, 1972b) war die Nabelschnur bei 94% der während der Austreibung verendeten Ferkel gerissen. In beiden untersuchten Betrieben war dieser Wert geringer. In dieser Untersuchung erfolgte jedoch keine Unterscheidung hinsichtlich "kurz vor

der Geburt" und "während der Geburt" verendeter Ferkel. In der Gesamtbetrachtung aller tot geborenen Ferkel wurde in beiden Betrieben bei 61% bzw. 82% eine defekte Nabelschnur dokumentiert. Bei lebend geborenen Ferkeln war der Anteil bereits durchtrennter Nabelschnüre zur Geburt geringer (33%).

Nach JUNGHANS (1992), BÜNGER (2003) und HOY (2003) ist eine intakte Nabelschnur für das Ferkel in den ersten Minuten nach der Austreibung sehr wichtig. JUNGHANS (1992) spricht von einer "Gummibandfunktion". Die intakte Nabelschnur führt dazu, dass das Ferkel enger an der Sau bleibt und dadurch Vitalitätsvorteile erfährt (HOY, 2003). Das Ferkel steht schneller auf. Bei intakter Nabelschnur geschieht dies im Durchschnitt nach 10min, während Ferkel mit gerissener Nabelschnur dafür fast doppelt so lange benötigen. Der erste Kontakt zum Gesäuge und somit auch die erste Milchaufnahme erfolgt für Ferkel mit intakter Nabelschnur schneller. Eine frühe Erstkolostrumaufnahme ist für die Aufnahme an Antikörpern speziell gegen stallspezifische Erreger sehr wichtig. Zudem verringert sich die Konzentration an Immunglobulinen sehr schnell (KLOBASA ET AL., 1987, 2004) und die Resorptionsfähigkeit der Ferkel nimmt innerhalb weniger Stunden nach der Geburt rasch ab (KALICH ET AL., 1967). Ein niedriges Geburtsgewicht kann zusätzlich zu Nachteilen in der Vitalität führen. Leichte Ferkel benötigen mehr Zeit bis zum ersten Aufstehen und somit zur Erstkolostrumaufnahme (KOLB, 2004). Untersuchungen von HOY (2003) zeigten die Auswirkungen eines kurzen Zeitabstandes (20min) zwischen Geburt und der ersten Kolostrumaufnahme. Für diese Ferkel wurden weniger Verluste registriert. Zudem weisen diese Ferkel bessere tägliche Zunahmen auf als Ferkel, die 30min bis zur Erstkolostrumaufnahme benötigten. In den Untersuchungen in den Betrieben A und B wurde keine Zeit bis zum ersten Aufstehen oder der Erstkolostrumaufnahme erfasst. Es war aber offensichtlich, dass Ferkel mit einem geringen Geburtsgewicht (<1,2kg) in Kombination mit einem verlängerten Austreibungsintervall (>30min) Orientierungsprobleme aufwiesen. Dies war in beiden Betrieben zu beobachten.

### 6.2.4 Schlussfolgerungen für das Abferkelmanagement

Sehr gute und stabile Leistungen im Abferkelbereich sind eine Voraussetzung, um 32 Ferkel je Sau und Jahr absetzen zu können. Das umfasst neben Wurfleistungen von 14 und mehr insgesamt geborenen Ferkeln vor allem geringe Verluste zur Abferkelung und während der Säugezeit.

Die perinatalen Verluste liegen in beiden mitteldeutschen Schweinezuchtbetrieben zwischen 4 und 6%. Dabei werden ausschließlich die Verluste direkt zur Abferkelung beschrieben. Ein gutes Management der Abferkelung ist dabei von zentraler Bedeutung für stabile und hohe Wurfzahlen. Aus den Daten beider untersuchten Betriebe lassen sich allgemeine Schlussfolgerungen ableiten. Das Risiko tot geborener Ferkel steigt mit zunehmender Abferkeldauer und Wurfgröße. Ab dem 12. Ferkel nimmt der prozentuale Anteil an Totgeburten sehr stark zu (16% in Betrieb A). Die Austreibungszeit und der Zustand der Nabelschnur sind von großer Wichtigkeit. Lebende Ferkel werden im Durchschnitt 20min nach dem vorherigen Wurfgeschwister geboren. Bei tot geborenen Ferkeln verlängert sich das Zeitintervall auf mehr als 30min. Diese lange Zeitspanne ist dahingehend von Bedeutung, dass bei etwa 2/3 aller tot geborenen Ferkel die Nabelschnur bereits gerissen ist. Diese Ferkel werden möglicherweise nicht aufgrund einer ungenügenden körperlichen Entwicklung tot geboren, sondern versterben während der Austreibungsphase infolge von Sauerstoffmangel. Ein Beleg für dieses Argument ist, dass in unseren Untersuchungen 45% aller tot geborenen Ferkel ein Geburtsgewicht von über 1,4kg aufwiesen. Generell steigt mit zunehmendem Geburtsgewicht der Ferkel die Austreibungszeit an. Durch den Einsatz einer geschulten Ferkelwache kann bei rechtzeitiger Hilfestellung die Anzahl tot geborener Ferkel reduziert werden. Das höchste Augenmerk ist dabei auf die Austreibungszeiten zwischen den Ferkeln zu legen. Eine Reduzierung der tot geborenen Ferkel hat nicht nur eine ökonomische sondern auch eine ethische Komponente.

Das gute Leistungsniveau in beiden Betrieben in Projekt 2 wird neben der Anzahl LGF (11,0 und 10,7) unter anderem durch die niedrige Anzahl tot geborener Ferkel je Wurf (0,7 und 0,4) gekennzeichnet. In beiden Betrieben wird eine Ferkelwache eingesetzt.

# 7 Zusammenfassung und Ausblick

Hohe Anzahlen an insgesamt und vor allem lebend geborenen Ferkeln sind die Grundlage für eine effektive Ferkelproduktion. Für eine optimale Anzahl lebend geborener Ferkel je Wurf ist es notwendig, das vorhandene Reproduktionspotential der Sauen weitgehend auszuschöpfen. Wie weit dies realisiert wird, kann anhand der Differenzen zwischen der Anzahl ovulierter Eizellen und der Anzahl lebend und vital geborener Ferkel abgeschätzt werden. Die Verringerung der potentiellen auf die reale Fruchtbarkeit wird u.a. durch folgende Faktoren verursacht: die Befruchtungsrate, das Ausmaß der embryonalen und fetalen Sterblichkeit sowie Verluste im perinatalen Zeitraum. Die Höhe der embryonalen und fetalen Verluste wird in der Literatur unterschiedlich hoch beziffert. Die Angaben variieren zwischen 20 und 50 % der befruchteten Eizellen. Generell wird eine Verlusthöhe von ca. 30% als ein biologisch begründetes Maß angesehen.

Die Untersuchungen des Teilprojektes 1 wurden in einem Praxisbetrieb an drei biologisch wichtigen Zeitpunkten durchgeführt, zum Trächtigkeitstag (TT) 2, TT 30 und TT 80. Insgesamt konnten 93 DL–Jungsauen in die Untersuchung mit einbezogen werden. Die folgenden Parameter wurden analysiert: Anzahl Gelbkörper (CL), Anzahl ovulierter Eizellen, Anzahl, Länge und Gewicht der Embryonen und Feten, das Ovargewicht sowie Länge und Gewicht des Uterus. Die Anzahl CL verdeutlicht das Potential an insgesamt und lebend geborenen Ferkeln. Am TT 30 wurde anhand der Differenz der Anzahl CL zur Anzahl detektierter Embryonen die embryonale Mortalität bestimmt. Die Kalkulation der fetalen Verluste erfolgte durch die Bestimmung der Differenz zwischen den Verlusten zum TT 30 und TT 80.

In weiterführenden Untersuchungen wurde im Teilprojekt 2 die Höhe der perinatalen Mortalität in zwei Schweinezuchtbetrieben untersucht. Es wurden 320 Abferkelungen überwacht und in Bezug auf das Geburtsgewicht der Ferkel, die Abferkeldauer, das Zeitintervall zwischen der Austreibung zweier nacheinander folgender Ferkel und dem Zustand der Nabelschnur zur Geburt ausgewertet.

Die embryonale Mortalität bei Jungsauen der modernen Zuchtrichtung der "Deutschen Landrasse Sauenlinie" ist hoch. Die Verluste während der Embryonalphase betrugen 37%, die fetalen Verluste lagen bei 1%. Eine ansteigende Zahl an Ovulationen war mit einem Ansteigen der Anzahl an Embryonen aber auch erhöhten Verlusten während der Trächtigkeit

verbunden. Zum TT 80 stieg die Verlustrate bis auf 63% bei einer CL Zahl von ≥24 an. Ausgehend von diesen Untersuchungen wirkte das Platzangebot je Embryo/Fetus nicht unmittelbar limitierend auf die Wurfgröße. Mit Hilfe einer Clusteranalyse zum TT 30 und TT 80 wurden Jungsauen identifiziert, die hohe Wurfgrößen bei gleichzeitig vergleichsweise niedrigen Verlustraten realisieren konnten.

Die perinatale Mortalität lag zwischen 4 bis 6%. Das Geburtsgewicht der Ferkel ist ein wesentlicher Faktor, ob das Ferkel lebend oder tot geboren wird. Zur Geburt bereits verstorbene Ferkel wiesen im Vergleich zu lebend geborenen Ferkeln ein niedrigeres Geburtsgewicht auf (1,25kg vs. 1,48kg). Weitere wichtige Einflussfaktoren auf die Anzahl tot geborener Ferkel sind die Austreibungszeit zwischen zwei Ferkeln und der Zustand der Nabelschnur zur Geburt. War der Zeitabstand zum vorherigen Ferkel größer als 30min, stieg das Risiko tot geborener Ferkel an. Die Nabelschnur sollte zur Geburt intakt sein. Bei tot geborenen Ferkeln war die Nabelschnur bereits in mehr als 60% der Fälle gerissen. Für lebend geborene Ferkel war der Anteil bereits durchtrennter Nabelschnüre zur Geburt mit etwa 30% geringer.

Mit Hilfe der Ergebnisse des Teilprojektes 1 ergaben sich neue wichtige Erkenntnisse über die Bedeutung und den Umfang an embryonalen und fetalen Verlusten bei Sauen der modernen Zuchtrichtung "Deutsche Landrasse Sauenlinie". Zusammenhänge zu einzelnen Phasen in der Gravidität sind daraus ableitbar. Somit bilden die Experimente die Grundlage für notwendige weiterführende Untersuchungen in ausgewählten Familienstrukturen zur Identifizierung von Genomvarianten, die einen Einfluss auf die Wurfgröße haben können.

Die Ergebnisse des ersten Teilprojektes belegen die Bedeutung für eine wissenschaftliche Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Embryo und Sau hinsichtlich möglicher Einflussgrößen auf das hohe Ausmaß der embryonalen Mortalität. Die fetale Mortalität ist mit 1% als biologisch begründet anzusehen. Nur mit Kenntnis und Verständnis der physiologischen Zusammenhänge zwischen Embryo und Sau kann die Grundlage geschaffen werden, das genetische Leistungspotential der modernen fruchtbarkeitsbetonten Sauenlinien besser zu nutzen und bessere Wurfergebnisse zu erzielen.

Die vorliegenden Ergebnisse liefern wesentliche neue Ansatzpunkte für weiterführende reproduktionsphysiologische und molekularbiologische Grundlagenuntersuchungen. Deren

Ergebnisse stellen primär einen bedeutsamen Erkenntniszuwachs dar, der für die angewandte Forschung und spätere praktische Umsetzung unabdingbar ist.

Die Resultate im Teilprojekt 2 verdeutlichen wichtige Ansatzpunkte für eine Optimierung des Abferkelmanagements in der praktischen Landwirtschaft. Einer züchterisch verbesserten Fruchtbarkeit der Sauen muss in den Betrieben im Umgang in Haltung und Fütterung Rechnung getragen werden.

# 8 Summary

High numbers of total and especially live born piglets are the basic requirement for an effective pig production. To achieve an optimal number of live born piglets it is necessary to take advantage of the high reproductive potential of sows. The difference between the number of ovulated oocytes and the number of live and vital born piglets indicate the amount of the realized biological potential. The degree between the potential and the realized fertility is influenced by many factors e.g. fertilization rate, the amount of embryonic and fetal losses and the level of perinatal mortality. In general an amount of 30% of losses during gestation is accepted as a biological caused level.

In a series of experiments, conducted in a pig breeding farm, the amount of embryonic and fetal losses throughout gestation have been investigated in sows of the modern German Landrace population. Investigations have been performed on days 2, 30 and 80 of gestation on altogether 93 pregnant gilts. The following parameters have been analyzed: number of corpora lutea (CL), number of ovulated oocytes, number, length and weight of embryos and fetuses, ovarian weight, length and weight of the uterus. The number of CL indicates the potential of total and live born piglets. At day 30 of gestation the difference between the number of CL and the number of detected embryos reflects the amount of embryonic losses. The calculation of fetal losses can be done by calculating the difference of losses at day 80 (difference of number of CL and number of fetuses) and day 30 of gestation.

In further experiments, the amount of perinatal mortality was investigated in two farms. Therefore, 320 farrowings have been supervised and analysed with regard to the birth weight of piglets, the duration of farrowing, the time interval between the delivery of two piglets and the condition of umbilical cord.

In result, the embryo/fetal mortality in modern sows of German Landrace breed is high. At day 30 of gestation the embryonic losses were about 37% and additional 1% of fetal losses was found at day 80 of gestation. An increasing number of ovulation results in an increased number of embryos as well as to an increased mortality rate. At day 80 of gestation mortality rate is about 63%, if the number of CL is higher than 24. Based on our results, the space available for each embryo/fetus within the uterus seems not to be a limiting factor of litter size. Based on a cluster analysis we could identify gilts which are able to realize a high

number of embryos/fetuses in conjunction with low mortality rates. Such sows are of interest with regard to further genotyping.

Perinatal mortality was recognized between 4 to 6%. Here, birth weight has a high impact on the fate of piglet to get stillborn or to be born alive. Stillborn piglets do have a lower birth weight compared to littermates born alive (1.25kg vs. 1.48kg). The risk of stillborn piglets gets higher with increased litter size. Furthermore, the time interval between the delivery of two piglets and the condition of umbilical cord play a crucial part regarding perinatal mortality. If the time interval is longer than 30 min the risk of stillborn piglets increases. The umbilical cord should be intact until the end of farrowing, however, more than 60% of stillborn piglets have an already ruptured umbilical cord.

The results of these experiments emphasize the current importance and the degree of embryonic and fetal losses in sows of the modern German Landrace breed. Based on the present results, further research needs to be done, especially within selected lines, to identify genomic variants with influence on litter size and number of vital piglets. According to the results of perinatal mortality the significance of proper farrowing management is stressed.

# 9 Quellenverzeichnis

APGAR, V. (1953):
A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. Curr. Res. Anesth. Analog. 32, 260 – 267

ALANKO, M. (1965):
The site of recovery and cleavage rate of the pig ova from the tuba uterine. Nord. Vet. Med., 17, 323 – 327

ALANKO, M. (1974):
Fertilization and early development of ova in AI gilts, with special reference to the role of tubal sperm concentration: a clinical and experimental study. Ph.D. thesis Helsinki

ANDERSEN, D. (1927):
The rate of passage of the mammalian ovum through various portions of the fallopian tube. American Journal of Physiology, 82, 557 – 569

ANDERSON, L.H.; CHRISTENSON, L.K., CHRISTENSON, R.K., FORD, S.P. (1993):
Investigations into the control of litter size in swine: II. Comparisons of morphological and functional embryonic diversity between Chinese and American breeds. Journal of Animal Science, 71, 1566 – 1571

ASHWORTH, C.J. (1998):
Advances in embryo mortality research. 15th IVPS Congress, Birmingham, England, 5-9 July 1998

ASHWORTH, C.J.; FINCH, A.M.; PAGE, K.R., NWAGWU, M.O., MCARDLE, H.J. (2001):
Causes and consequences of fetal growth retardation in pigs. Reproduction Supplement, 58, 223 – 246

BAUMUNG, R.; SÖLKNER, J.; ESSL, A. (1997):
Correlation between purebred and crossbred performance under a two-locus model with additive by additive interaction. Journal of Animal Breeding and Genetics 114, 89 – 98

BATE, L.A.; KREUKNIET, M.B.; HACKER, R.R. (1985):
The relationship between serum testosterone levels, sex and teat seeking ability of newborn piglets. Canadian Journal of Animal Science 65, 627 – 630

BAZER, F.W.; CLAWSON, A.J.; ROBISON, O.W.; ULBERG, L.C. (1969a):
Uterine capacity in gilts. Journal of Reproduction and Fertility, 18, 121 – 124

BAZER, F.W.; ROBISON, O.W.; CLAWSON, A.J.; ULBERG, L.C. (1969b):
Uterine capacity at two stages of gestation in gilts following embryo superinduction. Journal of Animal Science, 29, 30 – 34

BAZER, F.W.; THATCHER, W.W.; MATINAT-BOTTLE, F.; TERQUI, M.; LACROIX, M.C.; REVAULT, M.; DUBOIS, D.H. (1991):
Composition of uterine flushings from Large White and prolific Chinese Meishan gilts. Reproduction Fertility Development, 3; 51 – 60

BERGENTHAL-MENZEL-SEVERING, U. (1983):
Untersuchungen zur Methodik ethologischer Beobachtungen bei säugenden Sauen und Ferkeln. Dissertation Universität Bonn

BIENSEN, N.J.; BORELL, E.H.; FORD, S.P. (1996):
Effects of space allocation and temperature on periparturient maternal behavior, steroid concentrations and piglet growth rates. Journal of Animal Science, 74, 2641 – 2648

BIENSEN, N., J.; WILSON, M.E.; FORD, S.P. (1998):
The impact of either a Meishan or Yorkshire Uterus on Meishan or Yorkshire fetal and placental Development to days 70, 90, and 110 of gestation. Journal of Animal Science 76, 2169 – 2176

BIJMA, P.; VAN ARENDONK, J.A.M. (1998):
Maximizing genetic gain for the sire line of a crossbreeding scheme utilizing both purebred and crossbred information. Animal Science 66, 529 – 542

BILKEI, G. (1989):
Der Einfluss der Körperkondition auf die Dauer der Geburt und auf die Anzahl der Totgeburten bei Schweinen. Wiener Tierärztliche Wochenschrift, 76, 193 – 195

BILKEI, G. (1990):
Bericht über die Anwendung von Carbamylcholin zur Senkung der intrapartalen Mortalität bei Schweinen. Praktischer Tierarzt 71, 15 – 18

BILLE, N.; NIELSEN, N.C.; LARSEN, J.L.; SVENDSEN, J. (1974):
Preweaning mortality in pigs: The perinatal Period. Nord. Vet. Med., 26, 294 - 313

BLICHFELDT, T.; ALMLID, T. (1982):
The relationship between ovulation rate and embryonic survival in gilts. Theriogenology, 18, 5, 615 – 620

BÖSCH, M.; RÖHE, R.; LOOFT, H.; KALM, E. (2000):
Selection on purebred and crossbred performance for litter size in pigs. Archiv für Tierzucht 42, 249 – 262

Brockhaus Lexikon: in 15 Bänden, F.A. Brockhaus 2002-2007

BÜNGER, B. (1983):
Frühes postnatales Ferkelverhalten als Vitalitätskriterium. Tierhygiene Information Eberswalde-Finow 15, Sonderheft

BÜNGER, B. (1984):
Frühes postnatales Ferkelverhalten als Vitalitätskriterium. Dissertation A, Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-Naturwissenschaftliche Fakultät

BÜNGER, B.; CONRAD, S.; LEMKE, E.; FURCHT, G.; KÜHN, M. (1984):
Ethologische Vitalitätseinschätzung neugeborener Ferkel und das Verlustgeschehen in den ersten 21 Lebenstagen. Tierzucht, 38, 451 – 454

BÜNGER, B. (1985a):
Eine ethologische Methode zur Vitalitätseinschätzung neugeborener Ferkel. Monatshefte der Veterinärmedizin, 40, 519 – 524

BÜNGER, B. (1985b):
Eine ethologische Methode zur Vitalitätsbewertung von neugeborenen Ferkeln. In: Hygienesymposium 30./31. Mai 1985 in Eberswalde. Tierhygiene-Information, Eberswalde, 17, 205 – 210 (Sonderheft Teil I)

BÜNGER, B.; LEMKE, E.; BÜNGER, U. (1987a):
Konnatale Eisenmangelanämie und die Orientierungsleistung neugeborener Ferkel (Sus scrofa domesticus) bei der ersten Kolostrumaufnahme. Biologische Rundschau 25, 317 – 320

BÜNGER, B.; LEMKE, E.; BÜNGER, U. (1987b):
Konnataler Eisenmangel und die Zeit bis zur ersten Kolostrumaufnahme bei Ferkeln. In: 5. Leipziger Tierzuchtsymposium „Grundlagen des Futteraufnahmeverhaltens und ihre Umsetzung in der Nutztierhaltung“, 3./4. Dez. 1987, Karl-Marx-Universität Leipzig, 210 – 219

BÜNGER, B.; BÜNGER, U.; LEMKE, E. (1988):
Verhaltensbiologische Vitalitätseinschätzung von Ferkeln mit hoch- und mittelgradiger konnataler Eisenmangelanämie. Monatshefte der Veterinärmedizin 43, 583 – 587

BÜNGER, B. (1989):
Ethologische Bewertung der Vitalität neugeborener Ferkel mit konnatalem Mangel an Spurenelementen (Iod und Eisen) (In Russ.). In: Internat. Symposium „Ethologie landwirtschaftlicher Nutztiere“ vom 2. – 6. Oktober 1988 im Institut Angewandte Tierhygiene, Eberswalde- Finow. Tierhygiene-Information, Eberswalde-Finow 21, 39 – 51 (Sonderheft Nr. 77A)

BÜNGER, B. (1990):
Verhaltensbiologische Vitalitätsdiagnose von neugeborenen Ferkeln. Schweinewelt – Berichte und Informationen für die Schweinepraxis 15, (2), 20 – 21

BÜNGER, B. UND SCHLICHTING, M.C. (1995):
Bewertung von zwei alternativen Haltungssystemen für ferkelnde und ferkelführende Sauen im Vergleich zur Kastenstandhaltung anhand ethologischer und entwicklungsbiologischer Parameter der Ferkel. Landbauforschung Völkenrode 45, 12 – 29

BÜNGER, B. (2002):
Einflüsse der Haltungsbedingungen von ferkelnden und Ferkel führenden Sauen auf die Entwicklung der Ferkel: Eigene Untersuchungen und eine Bewertung der Literatur. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift, 109, 277 – 289

BÜNGER, B. (2003):
Einflussfaktoren auf die Vitalität neugeborener Ferkel. 9. Bernburger Biotechnik Workshop "Das Saugferkel", 51 - 60

BRÜSSOW, K.-P. (1985):
Distribution of oocytes in the oviduct of gilts following synchronized ovulation. Monatshefte der Veterinärmedizin; 40, 264-268

BRÜSSOW, K.-P.; KAUFFOLD, M.; BERGFELD, J. (1987):
Effects of different PMSG doses on ovarian response as well as on distribution and quality of oocytes in oviduct of gilts following synchronization of ovulation. Monatshefte für Veterinärmedizin, 42, 764 – 768

BRÜSSOW, K.-P.; KÖNIG, I. (1990):
Ovarreaktion und Embryonenqualitat bei Jungsauen nach Superovulationsstimulation für den Embryotransfer. Monatshefte für Veterinärmedizin, 45, 143–149

BRÜSSOW, K.-P.; EGERSZEGI, I.; RATKY, J.; SOOS, F.; GARCIA CASADO, P.; TUCHSCHERER, A.; TOTH, P. (2004):
Organometric data of the reproductive tract in cycling and early pregnant Hungarian Mangalica pigs. Archiv für Tierzucht, 47, 585 – 594

BRÜSSOW, K.-P. (2007):
Biologische Potentiale in der Sauenfruchtbarkeit. 13. Bernburger Biotechnik Workshop "Große Ferkelzahlen und hohe Mastergebnisse", 53 - 57

BRÜSSOW, K.-P.; WÄHNER, M. (2008):
Biologische Potentiale in der Fruchtbarkeit. Züchtungskunde, 80, 5, 370 – 377

CASSADY, J.P. (1999):
Identification of quantitative trait loci affecting reproduction in pigs. Ph. D. Dissertation, University of Nebraska, Lincoln

CHEN, Z.Y.; DZIUK, P.J. (1993):
Influence of initial length of uterus per embryo and gestation stage on prenatal survival, development, and sex ration in the pig. Journal of Animal Science, 71, 1895 – 1901

CHRISTENSON, R.K.; LEYMASTER, K.A.; YOUNG, L.D. (1987):
Justification of unilateral hysterectomy-ovariectomy as a model to evaluate uterine capacity in swine. Journal of Animal Science, 65, 738 – 744

CHRISTENSON, R.K. (1993):
Ovulation rate and embryonic survival in Chinese Meishan and White Crossbred pigs. Journal of Animal Science, 71, 3060 – 3066

CUNNINGHAM, P.J.; ENGLAND, M.F.; YOUNG, L.D., ZIMMERMANN, D.R. (1979):
Selection for ovulation rate in swine: correlated response in litter size and weight. Journal of Animal Science 48, 509 – 516

DAMMERT, S.; KIRCHGESSNER, M.; GIESSLER, H. (1974):
Zum Einfluss des Geburtsgewichtes von Ferkeln auf Verluste und Gewichtsentwicklung während der Aufzucht und Mast. Züchtungskunde, 46, 123 – 129

DAY, B.N.: LONGENECKER, D.E.; JAFFE, S.C.; GIBSON, E.W.; LASLEY, J.F. (1967):
Fertility of swine following superovulation. Journal of Animal Science, 26, 777 – 780

DAZA, A.; EVANGELISTA, J.N.; GUTTIEREZ-BARQUIN, M. (1999):
The effect of maternal and litter factors on piglet mortality rate. Ann. De Zootechnie, 48, 317 – 325

DE ROTH, L.; DOWNIE, H.G. (1976):
Evaluation of viability of neonatal swine. Canadian Veterinarian Journal 17, 275

DREIHSIG, K. (1984):
Biologische und zootechnische Aspekte zur Sicherung hoher und stabiler Aufzuchtergebnisse in der Ferkelproduktion unter besonderer Berücksichtigung des geburtsnahen Zeitraumes. Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft. 22, Heft 2

DRÖGEMÜLLER, C.; HAMANN, H.; THIEVEN, U.; KRIETER, J.; DISTL, O.; HARLIZIUS, B. (1999):
Influence of the genome region surrounding the estrogen receptor (ESR) gene on litter size in a German Landrace population. Archiv für Tierzucht 43, Special Issue, 175 – 177

DUDZUS, MARYKE; UECKER, E. (1977):
Untersuchungen zur Geburtsmasse des Ferkels. Monatshefte der Veterinärmedizin 32, 3, 84 – 89

DZIUK, P.J. (1968):
Effect of number of embryos and uterine space on embryo survival in the pig. Journal of Animal Science, 27, 673 – 676

DZIUK, P.J. (1985):
Effect of migration, distribution and spacing of pig embryos on pregnancy and fetal survival. Journal of Reproduction and Fertility Supplement, 33, 57 - 63

ECHEVERRI, H.M. (2004):
Selection for placental efficiency in swine. Dissertation, University of Missouri-Columbia

EDWARDS, B. (2004):
The role of pig genetics in the value added pork chain. – Symposium "Pig production in future", Hanoi

EDWARDS, S.A. (2002):
Perinatal mortality in the pig: environmental or physiological solutions?. Livestock Production Science 78, 3 – 12

ELZE, K. (1985):
Perinatale Ferkelverluste in Beziehung zu Geburt und Puerperium beim Schwein. Monatshefte für Veterinärmedizin, 40, 811 – 814

ENGLISH, P. R.; SMITH, W.J. (1975):
Some causes of death in neonatal piglets. Vet. Ann. 15, 95 – 104

FALKNER, F. (1966):
General Considerations in human development. Human Development. Philadelphia, London, 10 - 39

FENTON, F.R.; BAZER, F.W.; ROBISON, O.W.; ULBERG, L.C. (1970):
Effect of quantity of uterus on uterine capacity in gilts. Journal of Animal Science, 31, 104 – 106

FENTON, F.R.; SCHWARTZ, F.L.; BAZER, F.W.; ROBISON, O.W.; ULBERG, L.C. (1972):
Stage of gestation when uterine capacity limits embryo survival in gilts. Journal of Animal Science 35, 2, 383 - 388

FISCHER, R.; SPILKE, J.; VON LENGERKEN, G. (1999):
Einbeziehung von Fruchtbarkeitsleistungen in die Zuchtwertschätzung beim Schwein. 2. Mitteilung: Einbeziehung von Reinzucht- und Kreuzungsleistungen. Züchtungskunde 71, 209 – 218

FORD, S.P.; YOUNGS, C.R. (1993):
Early embryonic development in prolific Meishan pigs. Journal of Reproduction and Fertility Supplement, 48, 271 – 278

FORD, S.P.; CHRISTENSON, L.K.; RIVERA, R.M.; YOUNGS, C.R. (1994):
Inhibitory effects of the Meishan uterus on growth rate and estradiol-17β (E2) secretion of day 30 conceptuses. Biology of Reproduction, 50 (Supplement 1) 175

FORD, S. P. (1997):
Embryonic and fetal development in different genotypes in pigs. Journal of Reproduction and Fertility Supplement, 52, 165 - 176

FREKING, B.A.; LEYMASTER, K.A.; VALLET, J.L.; CHRISTENSON, R.K. (2007):
Number of fetuses and conceptus growth throughout gestation in lines of pigs selected for ovulation rate or uterine capacity. Journal of Animal Science, 85, 2093 – 2103

FREY, M. (1999):
Zuchtwertschätzung für Reproduktionsmerkmale beim Schwein. Dissertation Zürich

GEIPEL, U. (2004):
Einfluss verschiedener Varianten der Geburtsinduktion bei Sauen auf den Geburtseintritt, den Geburtsverlauf sowie die Totgeburtenrate. Dissertation

GENTRY, J. (2003):
Growth, Development and Survival of Pigs. Swine Production (ABAS 3480), Spring

GLODEK, P. (1992):
Schweinezucht, 9. Auflage, Ulmer Verlag Stuttgart

GOSDEN, R.G.; TELFER, E. (1987):
Numbers of follicles and oocytes in mammalian ovaries and their allometric relationship. J. Zool., 211, 169 – 175

GROPPEL, B. (1998):
Ernährungsanforderungen von Ferkeln. 4. Bernburger Biotechnik Workshop "Die Säugezeit in der modernen Ferkelproduktion", 97 - 105

GRANDINSON, K.; RYDHMER, L.; STRANDBERG, E.; LUND, M.S. (2000):
Estimation of genetic parameters for mortality and causes of death in piglets. 51th Annual Meeting of the EAAP, Den Haag, The Netherlands, G2.56

GÜRTLER, H.; BRENNER, K.-V. (1979):
Ursachen und Entstehung nichtinfektiöser peripartaler Ferkelverluste. Tierzucht 33, 176 – 178

HANCOCK, J.L. (1961):
Fertilization in the pig. Journal of Reproduction and Fertility 2, 307 – 331

HANENBERG, E.H.A.T.; KNOL, E.F.; MERKS, J.W.M. (2001):
Estimates of genetic parameters for reproduction traits at different parities in Dutch Landrace pigs. Livestock Production Science, 69, 179–186

HANLY, S. (1961):
Prenatal mortality in farm animals. Journal of reproduction and Fertility, 2, 182 – 194

HARTSOCK, T.G.; GRAVES, H.B. (1976):
Neonatal behavior and nutrition related mortality in domestic Swine. Journal of Animal Science, 42, 1, 235 - 241

HEAP, R.B.; FLINT, A.P.; GADSBY, J.E. (1979):
Role of embryonic signals in the establishment of Pregnancy. Medical Bulletin, 35, 2, 129 - 135

HEINZE, A. (2003):
Ferkelverluste in Praxisbetrieben - Analysen aus Sauenplanerdaten aus Thüringen. 9. Bernburger Biotechnik Workshop "Das Saugferkel", 43 - 49

HEINZE A.; MENZEL, D. (2006):
Bereiten uns Totgeburten zunehmend Sorgen?.
http://www.tll.de/ainfo/pdf/totg0806.pdf, Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft

HEINZE, A. UND RAU K. (2007):
Steigende Wurfgrößen – mehr verwertbare Ferkel?.
http://www.tll.de/ainfo/pdf/wurf0807.pdf, Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft

HEMSWORTH, P.H.; WINFIELD, C.G.; MULLANEY, P.D. (1976):
A study of the development of the teat order in piglets. Applied Animal Ethology 2, 225 – 233

HENNE, H.; EDING, H.; SIMIANER, H. (2003):
Genetische Aspekte zur Wurfgröße, zum Geburtsgewicht und zu Saugferkelverlusten. 9. Bernburger Biotechnik Workshop "Das Saugferkel", 31 - 35

HILGERS, J. (2003):
Orale Eisengaben an Saugferkel – praktische Erfahrungen und Empfehlungen. 9. Bernburger Biotechnik Workshop "Das Saugferkel", 83 – 92

HOFFMANN, B. (1994):
Gravidität, Geburt und Puerperium. In Döcke, F. (Hrsg.): Veterinärmedizinische Endokrinologie. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart

HOLYOAKE, P. K.; DIAL, G.D.; TRIGG, T.; KING, V. L. (1995):
Reducing Pig mortality trough super vision during the perinatal period. Journal of Animal Science, 73, 3543 - 3551

HÖRÜGEL, K. (1994):
Untersuchungen zum Einfluss der Geburtsmasse auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistung beim weiblichen Schwein. Infodienst Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 4, 67 – 71

HÖRÜGEL, K. (1995):
Einflussfaktoren auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen der Sauen. Infodienst Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 1, 81 – 86

HÖRÜGEL, K. (1996):
Die Geburtsmasse des Ferkels – ein wichtiger Einflussfaktor auf die Gesundheit und Leistung der Schweine. Infodienst Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 11, 47 – 51

HÖRÜGEL, K. (1999):
Einflussfaktoren auf die Fruchtbarkeits- und Wurfleistungen der Sauen. Praktischer Tierarzt 80, 5, 437 – 444

HOY, ST.; PUPPE, B.; TOBER, O.; LINDEMANN, R.; WOLF, P. (1991):
Zum Einfluss der Saugordnung der Ferkel auf deren Lebendmasseentwicklung und Morbidität von Geburt bis Schlachtung. Monatshefte der Veterinärmedizin 46, 477 – 482

HOY, ST.; PUPPE, B. (1992):
Effects of teat order on performance and health in growing pigs. Pig News and Information 13, 3, 131 – 136

HOY, ST.; LUTTER, C.; WÄHNER, M.; PUPPE, B. (1994):
Zum Einfluss der Geburtsmasse auf die frühe postnatale Vitalität von Ferkeln. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 101, 393 – 396

HOY, ST.; LUTTER, C.; PUPPE, B.; WÄHNER, M. (1995):
Zusammenhänge zwischen der Vitalität neugeborener Ferkel, der Saugordnung, Mortalität und der Lebendmasseentwicklung bis zum Absetzen. Berl. Münch. Tierärztliche Wochenschrift 108, 224 – 228

HOY, ST. (2002):
Postnatales Verhalten von Ferkeln – Konsequenzen für Wachstum, Gesundheit und Ferkelnestgestaltung. 8. Bernburger Biotechnik Workshop "Trächtigkeit und Geburt beim Schwein“, 75 - 84

HOY, ST. (2003):
Weniger Verluste durch höhere Ferkelvitalität. Schweinezucht- und Schweinemast. 1, 30 - 34

HÜHN, U.; KÖNIG, I. (1980):
Pränatale Verluste beim Schwein - Ausmaß, Bedeutung und Möglichkeiten zu ihrer Beeinflussung. Monatshefte der Veterinärmedizin, 35, 885 - 888

HÜHN, U.; BLÖDOW, G.; LAMPE, B.; LUTTER, K.; SCHNEIDER, F.; SPITSCHAK, K.; WOLLENHAUPT, K. (1984):
Fortpflanzungsphysiologische Untersuchungsergebnisse an frühgraviden Sauen im Hinblick auf die Embryonalentwicklung. Tierzucht. 38, 12, 529 - 532

HÜHN, U. (2002):
Ratschläge zum Abferkelmanagement. Sachsenpost, 20, 27 - 29

HUNTER, R.H.F. (1974):
Chronological and cytological details of fertilization and early embryonic development in the domestic pig, sus scrofa. Anat.Rec., 178, 169 – 186

IBEN, B.; SCHNURRBUSCH, U. (1999):
Sauenbesamung: eine praktische Anleitung. Verlag für Agrarwissenschaften und Veterinärmedizin

JUNGHANS, C. (1992):
Das erste Aufstehen als frühes postnatales Vitalitätskriterium bei Ferkeln. Monatshefte der Veterinärmedizin 47, 373 – 381

JOHNSON, R. K.; PUMFREY, R.A.; JONES, A.S.K.; ZIMMERMAN, D.R. (1981):
Embryo and fetal loss in gilts differing in ovulation rate. Journal of Animal Science, 53, Suppl. 1, 74

JOHNSON, R.K.; ZIMMERMAN, D.R.: KITTOK, R.J. (1984):
Selection for components of reproduction in swine. Livestock Production Science, 11, 541 – 557

JOHNSON, R.K.; NIELSON, M.K.; CASEY, D.S. (1999):
Response in ovulation rate, embryonal survival, and litter traits to 14 generations of selection to increase litter size. Journal of Animal Science 77, 541 – 557

KALICH, J.; KOVACS, F.; MAIER, E. (1967):
Beziehungen zwischen Umweltfaktoren, Kolostralmilchaufnahme und Ferkelsterblichkeit. Berl. Münch. Tierärztliche Wochenschrift 13, 250 – 255

KAUFMANN, D.; HOFER, A.; BIDANEL, J.P.; KÜNZI, N. (2000):
Genetic parameters for individual birth and weaning weight and for litter size of Large White pigs. Journal of Animal Breeding and Genetics 117, 121 – 128

KELLY, C.R.; KOPF, C.D.; ZIMMERMANN, D.R. (1988):
Characterisation of antral follicle populations during the estrus cycle in pigs selected for ovulation rate. Journal of Animal Science, 66, 1230 – 1235

KERR, J.C.; CAMERON, N.D. (1995):
Reproductive performance of pigs selected for components of efficient lean growth. Animal Science 60, 281 – 290

KISNER, V.; BRANDT, H.; GLODEK, P.; MÖLLERS, P. (1996):
Die Analyse von Sauenaufzuchtleistungen in der Versuchsstation Reliehausen zur Entwicklung von Kriterien der Wurfqualität. 3. Mitteilung: Schätzung genetischer Parameter für Wurfleistungen und Kriterien der Wurfqualität. Archiv für Tierzucht 39, 143 – 152

KLOBASA, F.; WERHAN, E.; BUTLER, J.E. (1987):
Composition of sow milk during lactation. Journal of Animal Science, 64, 1458 – 1466

KLOBASA, F.; SCHRÖDER, CH.; STROOT, CH.; HENNING, M. (2004):
Untersuchungen zur passivenImmunisierung neugeborener Ferkel bei natürlicher Aufzucht - Einflüsse von Geburtsreihenfolge, Geburtsgewicht, Wurfgröße und Wurfnummer. Tierärztliche Wochenzeitschrift, 117, 19 – 23

KLOCEK, C.; ERNST, E.; KALM, E. (1992):
Geburtsverlauf bei Sauen und perinatale Ferkelverluste in Abhängigkeit von Genotyp und Haltungsform. Züchtungskunde, 64, 2, 121 - 128

KNIGHT, J. W., BAZER, F. W.; THATCHER, W. W., FRANKE, D. E., WALLACE, H. D. (1977):
Conceptus development in intact and unilaterally hysterectomized-ovariectomized gilts: Interrelations among hormonal status, placental development, fetal fluids and fetal growth. Journal of Animal Science, 44, 620 - 637

KNOL, E. (2001):
Genetic aspects of piglet survival. Dissertation Wageningen

KOCH, T. (1981):
Lehrbuch der Veterinär-Anatomie, Band II, Eingeweidelehre, 3. Auflage, Gustav Fischer, Jena

KÖHN, R. (1997):
Ökonomische Aspekte einer zukunftsorientierten Ferkelerzeugung. 3.Bernburger Biotechnik Workshop "Stabilität in der Jungsauenfruchtbarkeit", 87 - 93

KOLB, E. (1980):
Neuere Erkenntnisse zur Beeinflussung des Wachstums der Embryonen und der Feten beim Schwein. Monatshefte der Veterinärmedizin, 35, 389 - 392

KOLB, E . (2003):
Ferkelverluste, Entstehung und Verhütung. In: Wiesner E. (Hg.): Handlexikon der Tierärztlichen Praxis, G. Fischer, Stuttgart 213, 252q - 252zf

KOLB, E. (2004):
Biochemische und pathobiochemische Aspekte der Entstehung und Verhütung von Ferkelverlusten – Übersichtsreferat. Der praktische Tierarzt, 85, 5, 356 – 365

KRIETER, J. (2001):
Ökonomische Zuchtzielkomponenten (Leistungskriterien und funktionale Merkmale ). 5. Schwein-Workshop, 20./21. 2.2001, Uelzen

LAMBERSON, W.R.; JOHNSON, R.K.; ZIMMERMANN, D.R.; LONG, T.E. (1991):
Direct response to selection for increased litter size, decreased age at puberty or random selection for ovulation rate in swine. Journal of Animal Science, 69, 3129 – 3143

LAMBERSON, W.R.; ECKARDT, G.R. (1996):
Local changes in uterine dimensions in the pregnant pig. Animal Reproduction Science, 43, 35 – 41

LAMBERT, E.; WILLIAMS, D.H.; LYNCH, P.B.; HANRAHAN, T.J.; MCGEADY, T.A.; AUSTIN, F.H.; BOLAND, M.P.; ROCHE, F.J. (1991):
The extent and timing of prenatal loss in gilts. Theriogenology, 36, 655

LEADON, D.P.; JEFFCOTT, L.B.; ROSSDALE, P.D. (1986):
Behaviour and viability of the premature neonatal foal after induced parturition. American Journal of Veterinarian Research 47, 8, 1870 – 1873

LEAFLET, A.S. (2005):
Effect of piglet birth weight and weaning weight on nursery off-test weight. Iowa State University Animal Industry report

LE COZLER, Y.; DAGORN, J.; LINDBERG, J.E.; AUMAITRE, A.; DOURMAD, J.Y. (1998):
Effect of age at first farrowing and herd management on long term productivity of sows. Livestock Production Science 53, 135 – 142

LEDUC, B. (1972):
Maternal placental blood flow and gestational age in rabbits. Am. J. Obst. Gyn., 112, 374 - 378

LEE, G.J.; HALEY, C.S. (1995):
Comparative farrowing to weaning performance in Meishan and Large White pigs and their crosses. Animal Science 60, 269 – 280

LEENHOUWERS, J,I.; VAN DER LENDE, T.; KNOL, E.F. (1999):
Analysis of stillbirth in different lines of Pigs. Livestock Production Science, 57, 243 – 253

LEGAULT, C.; GRUAND, J.; LEBOST, J., GARREAU, H., OLLIVER, L.; MESSER, A.; ROTHSCHILD, M.F. (1996):
Frèquence et effet sur la prolificitè du gène ESR dans deux lignèes Large White en France. Journal Rech. Porcine Fr. 28, 9 – 14

LEGAULT, C.; CARITEZ, J.C.; LAGANT, H.; POPESCU, P. (1998):
Experimental Study of the combined effects of uterine space and dam genetic type on embryonic and foetal viability. Proceeding of the International Conference on Pig Production Bejing, 604 - 607

LEYMASTER, K.A.; CHRISTENSON, R.K.; YOUNG, L.D. (1986):
A biological model to measure uterine potential for litter size in swine. 3rd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, XI: 209 – 214

LONGENECKER, D.E.; DAY, B.N. (1968):
Fertility level of sows superovulated at postweaning estrus. Journal of Animal Science, 27, 709 – 711

LUND, M.S.; PUONTI, M.; RYDHMER, L.; JENSEN, J. (2000):
Relationship between litter size, perinatal and preweaning survival in Landrace pigs. 51th Annual Meeting of the EAAP, Den Haag, The Netherlands, G2

LUTTER, K.; HÜHN, R.; HÜHN, U.; KALTOFEN, U.; LAMPE, B.; SCHNEIDER, F. (1981):
Untersuchungen zum pränatalen Fruchttod bei Jungsauen sowie zum Wachstum der Embryonen und Feten. Archiv für experimentelle Veterinärmedizin, 35, 687 - 695

MARCHANT, J.N.; RUDD, A.R.; MENDL, M.T.; BROOM, D.M.; MEREDITH, M.J.; CORNING, S.; SIMMINS, P.H. (2000):
Timing and causes of piglet mortality in alternative and conventional farrowing systems. The Veterinary Record, 147, 209 - 214

MEYER, H.; KRÖGER, H.; SAGEL, B. (1976):
Untersuchungen über die Variationsursachen des Geburtsgewichtes bei Ferkeln sowie die Körper- und Blutzusammensetzung untergewichtiger Ferkel. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 83, 431 – 470

MEYER, E. (1991):
Der Einfluss der Ernährung auf die embryonale Mortalität beim Schwein. Dissertation

MICHEL, G.; EULENBERGER, K.- H.; ELZE, K. (1976):
Zum embryonalen Fruchttod beim Schwein. Übersichtsreferat der Sektion Tier-produktion und Veterinärmedizin der KMU Leipzig, 152 - 156

MOTA-ROJAS, D.; MARTINEZ-BURNES, J.; TRUJILLO-ORTEGO, M.-E. (2002):
Effect of ocytocin treatment in sows on umbilical cord morphology, meconium staining and neonatal mortality of piglets. American Journal of Veterinary Research, 36, 11, 1571 - 1574

NEAL, S.M.; JOHNSON, R.K.; KITTOK, R.J. (1989):
Index selection for components of litter size in swine: response to five generations of selection. Journal of Animal Science 67, 1933 – 1945

NIELSEN, N.C.; CHRISTENSEN, K.; BILLE, N.; LARSON, J.L. (1974):
Preweaning mortatlity in pigs, 1.: Herd investigations. Nord. Veterinaermed., 26, 137 – 150

OLSSON, A.-CH.; SVENDSEN, J. (1989):
Grisningsförlopp och moder-avkomma-samspel i iloka inhysningssystem – Observations at farrowing and mother-offspring interactions in different housing systems. Lund: Swedish University of Agriculture Science, Department of Farm Buildings

OXENREIDER, S.L.; DAY, B.N. (1965):
Transport and Cleavage of Ova in Swine. Journal of Animal Science, 24, 413 – 417

PEARSON, P.L.; KLEMCKE, H.G.; SMITH, T.P.L.; VALLET, J.L. (1998):
Porcine erythropoietin receptor: cloning of a partial cDNA and expression in embryonic/fetal liver. Journal of Animal Science, 76 (Supplement 1), 117

PERE, M.-CH.; DOURMAD, J.Y.; ETIENNE, M. (1997):
Effect of number of pig embryos in the uterus on their survival and development and on maternal metabolism. Journal of Animal Science, 75, 1337 - 1342

PERRY, J.S.; ROWELL, J.G. (1969):
Variations in foetal weight and vascular supply along the uterine horn of the pig. Journal of Reproduction and Fertility, 19, 527 – 534

PERRY, J.S.; ROWLANDS, I.W. (1962):
Early pregnancy in the pig. Journal of Reproduction and Fertility, 4, 175 – 188

POMEROY, R.W. (1960):
Infertility and neonatal mortality in the sow. III. Neonatal mortality and foetal development. Journal of Agriculture and Science Camb., 54, 31 – 56

POPE, C.E.; CHRISTENSON, R.K.; ZIMMERMAN-POPE, V.A.; DAY, B.N. (1972):
Effect of number of embryos on embryonic survival in recipient gilts. Journal of Animal Science, 35, 805 – 808

POPE, W.F.; FIRST, N.L. (1985):
Factors affecting the survival of pig embryos. Theriogenology, 23, 91 – 105

PORZIG, E. (1976):
Stand und Ergebnisse ethologischer Untersuchungen beim Schwein. Monatshefte der Veterinärmedizin 31, 181 – 185

PRANGE, H. (1981):
Entstehung und Verhütung prä-, peri-und postnataler Verluste in der Ferkelproduktion. Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft, Band 19, Heft 9

PRANGE, H.; SCHÄFFER, D. (1998):
Geburtsdauer und Totgeburten in der Sauenhaltung. 1. Giessener Tagung über Neonatologie und Jungtierkrankheiten, 81 - 94

PRANGE, H. (2001a):
Geburten gewissenhaft vorbereiten und engagiert überwachen. Schweinzucht und Schweinemast 1, 36 – 39

PRANGE, H. (2001b):
Tot und lebensschwach geborene Ferkel, Klären Sie die Ursache!. Schweinzucht und Schweinemast 2, 46 – 49

QUINIOU, N.; DAGORN, J.; GAUDRE, D. (2002):
Variation of piglets birth weight and consequences on subsequent performance. Livestock Production Science, 78, 63 – 70

RAMPACEK, G.R.; ROBISON, O.W.; ULBERG, L.C. (1975):
Uterine capacity and progestin levels in superinducted gilts. Journal of Animal Science, 41, 2, 564 - 567

RANDALL, G.C.B. (1971):
Relationship of arterial blood pH and $pCO_2$ to the viability of the newborn piglet. Can. J. comp. Med. 35, 141

RANDALL, G.C.B. (1972a):
Observations on parturition in the sow. I. Factors associated with the delivery of the piglets and their subsequent behaviour. Veterinary Records 90, 178 – 182

RANDALL, G.C.B. (1972b):
Observations on parturition in the sow. II. Factors influencing stillbirth and perinatal mortality. Veterinary Records 90, 183 – 1186

REDMER, D.A.; WALLACE, J.M.; REYNOLDS, L.P. (2004):
Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. Domestic Animal Endocrinology, 27, 199 – 217

RIVERA, R.M.; YOUNGS, C.R.; FORD, S.P. (1996):
A comparison of the number of inner cell mass and trophectoderm cells of preimplantation Meishan and Yorkshire pig embryos at similar developmental stages. Journal of Reproduction and fertility, 106, 111 – 116

ROHDE PARFET, K.A.; GONYON, H.W. (1988):
Effect of creep partitions on teat seeking behaviour of newborn piglets. Journal of Animal Science 66, 2165 – 2173

RÖHE, R. (1999):
Genetic determination of individual birth weight and its association with sow productivity traits using Bayesian Analyses. Journal of Animal Science 77, 330 – 343

RÖHE, R.; KALM, E. (2000):
Estimation of genetic and environmental risk factors associated with preweaning mortality in piglets using generalized linear mixed models. Journal of Animal Science 70, 227 – 240

RÖHE, R. (2001):
Neue Merkmale für die Zucht zur Erhöhung der Fruchtbarkeitsleistung und der Verminderung von Ferkelverlusten. DGfZ Schriftenreihe, 21, 5. Schweineworkshop Uelzen, 32 – 52

ROSENDO, A.; DRUET, T.;GOGUE, J.; BIDANEL, J.P. (2007):
Direct response to six generations of selection for ovulation rate or prenatal survival in Large White pigs. Journal of Animal Science, 85, 356 – 364

RÜSSE, I.; SINOWATZ, F. (1991):
Lehrbuch der Embryologie der Haustiere, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg

RUIZ-FLORES, A.; JOHNSON, R.K. (2001):
Direct and correlated responses in two stage selection for ovulation rate and number of fully formed pigs at birth in swine. Journal of Animal Science, 79, 2286 – 2297

SCHNURRBUSCH, U. (2002):
Embryonalentwicklung des Schweins und Einflüsse auf die Überlebensrate der Embryonen. 8. Bernburger Biotechnik Workshop "Trächtigkeit und Geburt beim Schwein", 13 - 21

SCHRÖDER, CH. (2001):
Untersuchungen zur Immunoglobulinversorgung und Entwicklung neugeborener Ferkel unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Geburtsparameter. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

SHORT, T.H.; ROTHSCHILD, M.F., SOUTHWOOD, O.I., MCLAREN, D.G.; DE VRIES, A., VAN DER STEEN, H.; ECKARDT, G.R.; TUGGLE, C.K.; HELM, J.; VASKE, D.A.; MILEHAM, A.J.; PLASTOW, G.S. (1997):
Effect of the estrogen receptor locus on reproduction and production traits in four commercial pig lines. Journal of Animal Science 75, 3138 – 3142

SPRECHER, D.J.; LEMAN, A.D.; DZIUK, P.D. (1974):
Causes and control of swine stillbirths. Journal Am. Vet. Med. Assoc. 165, 698 – 701

SPRECHER, D.J.; LEMAN, A.D.; CARLISLE, S. (1975):
Effects of parasympathomimetrics on porcine stillbirth. American Journal of Veterinary Research 36, 1331 - 1333

STERNING, M.; RYDHMER, L.; ELIASSON-SELLING, L. (1998):
Relationships between age and puberty and interval from weaning to estrus and between estrus sign and puberty and after the first weaning in pigs. Journal of Animal Science 76, 353 – 359

TÄUBERT, H.; BRANDT, H. (2000):
Varianz- und Kovarianzkomponentenschätzung für die Wurfleistung von Reinzucht- und Kreuzungssauen. Züchtungskunde 72, 43 – 58

TEN NAPEL, J.; DE VRIES, A.G.; BUITING, G.A.J.; LUITING, P.; MERKS, J.W.M.; BRASCAMP, E.W. (1995):
Genetics of the interval from weaning to estrus in first-litter sows: Distribution of data, direct response of selection, and heritability. Journal of Animal Science 73, 2193 – 2203

THOLEN, E.; BUNTER, K.L.; HERMESCH, S.; GRASER, H.U. (1996):
The genetic foundation of fitness and reprduction traits in Australian pig populations. 1. Genetic parameters for weaning to conception interval, farrowing interval, and stayability. Aust. Journal Agric. Res. 47, 1261 – 1274

THORUP, F. (2002):
Kann die Anzahl totgeborener Ferkel je Wurf reduziert werden?. 8. Bernburger Biotechnik Workshop "Trächtigkeit und Geburt beim Schwein", 45 - 48

TUCHSCHERER, M.; PUPPE, B.; TUCHSCHERER, A.; TIEMANN, U. (2000):
Early identification of neonates at risk: Traits of newborn piglets with respect to survival. Theriogenology, 54, 371 – 388

VAILLANCOURT, J.P.; TUBBS, R.C. (1992):
Preweaning mortality. Vet. Clin. North. Am.: Food Animal Practice, 8, 685 – 706

VALLET, J.L.; CHRISTENSON, R.K. (1993):
Uterine space affects placental protein secretion in swine. Biology of Reproduction, 48, 575 – 584

VALLET, J.L.; CHRISTENSON, R.K. (1994):
Effect of estrone treatment from day 30 – 45 of pregnancy on endometrial protein secretion and uterine capacity. Journal of Animal Science, 72, 3188 – 3195

VALLET, J.L., CHRISTENSON, R.K.; TROUT, W.E.; KLEMCKE, H.G. (1998):
Conceptus, progesterone and breed effects on uterine protein secretion in swine. Journal of Animal Science, 76, 2657 – 2670

VALLET, J.L. (2000):
Fetal Erythropoiesis and other factors which influence uterine capacity in swine. Journal of Applied Animal Research, 17, 1 – 26

VALLET, J.L.; KLEMCKE, H.G.; CHRISTENSON, R.K. (2002):
Interrelationship among conceptus size, uterine protein secretion, fetal erithropoesis, and uterine capacity. Journal of Animal Science, 80, 729 – 737

VALLET, J.L.; FREKING, B.A. (2006):
Research on uterine capacity and litter size in swine, www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/54380550/Publications/**UterineCapacity**.pdf

VAN DER LENDE, T. (1989):
Impact of early pregnancy on prenatal development in the pig. Ph.D. Thesis, Wageningen University

VAN DER LENDE, T.; SOEDE, N.M.; KEMP, B.V. (1999):
Embryo mortality and prolificacy in the pig. Principles of Pig Science Nottingham University Press, 297 – 317

VAN DER LENDE, T.; KNOL, E.F.; LEENHOUWERS, J.I. (2001):
Prenatal development as a predisposing factor for perinatal losses in pigs. Reproduction Supplement, 58, 247 - 261

VAN DER LENDE, T.; VAN RENS, B.T. (2003):
Critical periods for foetal mortality in gilts identified by analysing the length distribution of mummified foetuses and frequency of non-fresh stillborn piglets. Animal Reproduction Science, 75, 1-2, 141 – 150

VAN RENS, B.T.T.M.; DE KONING, G.; BERGSMA, R.; VAN DER LENDE, T. (2005):
Preweaning piglet mortality in relation to placental efficiency. Journal of Animal Science, 83, 144 – 151

VOLLHARDT, W. (1983):
Erfassung, Bewertung und Beeinflussung von Kriterien für die Vitalität neugeborener Kälber. Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, Dissertation A

VONNAHME, K.A.; WILSON, M.E.; FORD, S.P. (1999):
Role of vascular endothelial growth factor (VEGF) on increasing placental vascular density (PVD) in the pig. Biology of Reproduction, 60 (Supplement I), 217

WAGNER, E.; KOLB, E.; NESTLER, K.; STIRN, M. (1982):
Untersuchungen über den Gehalt verschiedener Organe und Skelettmuskeln von neugeborenen Ferkeln mit sehr geringen Geburtsmassen an Trockensubstanzmasse und an verschiedenen Mineralstoffen (Ca, Mg, Na, P). Archiv für experimentelle Veterinärmedizin, 36, 4, 523 – 533

WALDMANN, K.-H. (1995):
Ursachen prä- und perinataler Ferkelverluste. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 102, 27 – 31

WÄHNER, M. (2003):
Zu Wachstum und Entwicklung des Ferkels. 9. Bernburger Biotechnik Workshop "Das Saugferkel", 5 - 14

WARWICK, B.L. (1928):
Prenatal growth of swine. Journal of Morphology and Physiology, 46, 59 – 84

WEHREND, A. (2008):
Saugferkelhaltung und –erkrankungen.
www.vmf.uni-leipzig.de/ik/geburtshilfe/Studierende/Folien2/Ferkel/Wehrendsmall.pdf

WESEMEIER, H. (1990):
Vortrag zum 3. Symposium „Wurfqualität beim Schwein“ am 4./5. April in Rostock

WILSON, M.E.; FORD, S.P. (1997):
Differences in trophectoderm mitotic rate and P 40 17alpha-hydroxylase expression between late preimplantation Meishan and Yorkshire conceptuses. Biology of Reproduction, 56, 380 – 385

WILSON, M.E.; BIENSEN, N.J.; YOUNGS, C.R.; FORD, S.P. (1998):
Development of Meishan and Yorkshire littermate conceptuses in either a Meishan or Yorkshire uterine environment to day 90 of gestation and to term. Biology of Reproduction, 58, 4, 905 - 910

WILSON, M.E.; BIENSEN, N.J.; FORD, S.P. (1999):
Novel insight into the control of litter size in pigs, using placental efficiency as a selection tool. Journal of Animal Science 77, 1654 – 1658

WISE, T.H.; CHRISTENSON, R.K. (1992):
Relationship of fetal position within the uterus to fetal weight, testosterone, estrogens, and Thymosin β4 concentrations at 70 and 104 days of gestation in swine. Journal of Animal Science, 70, 2787 – 2793

WISE, T.H.; ROBERTS, A.J.; CHRISTENSON, R.K. (1997):
Relationships of light and heavy fetuses to uterine position, placental weight, gestational age, and fetal cholesterol concentrations. Journal of Animal Science, 75, 2197 – 2207

WOOTTON, R.; MCFADDEN, I.R.; COOPER, J.E. (1977):
Measurement of placental blood flow in the pig and its relation to placental and fetal weight. Biol. Neonat., 31, 5-6, 333 - 339

WU, M.C.; HENTZEL, M.D.; DZIUK, P.J. (1987):
Relationships between uterine length and number of fetuses and prenatal mortality in pigs. Journal of Animal Science, 65, 762 – 770

WU, M.C.; CHEN, Z.Y.; JARRELL, V.L.; DZIUK, P.J. (1989):
Effect of initial length of uterus per embryo on fetal survival and development in the pig. Journal of Animal Science, 67, 7, 1767 - 1772

WU, M.C.; DZIUK, P.J. (1995):
Relationship of length of uterus in prepubertal pigs and number of corpora lutea and fetuses at 30 days of gestation. Animal Reproduction Science, 38, 327 – 336

YOUNG, L.D.; LEYMASTER, K.A.; CHRISTENSON, R.K. (1996):
Opportunities for indirect selection for uterine capacity of swine. Journal of Animal Science, 74 (Supplement I)

YOUNGS, C.R.; CHRISTENSON, L.K.; FORD, S.P. (1994):
Investigations into the control of litter size in swine. III. A reciprocal embryo transfer study of conceptus development. Journal of Animal Science, 72, 725 – 731

**Informationsdienste**

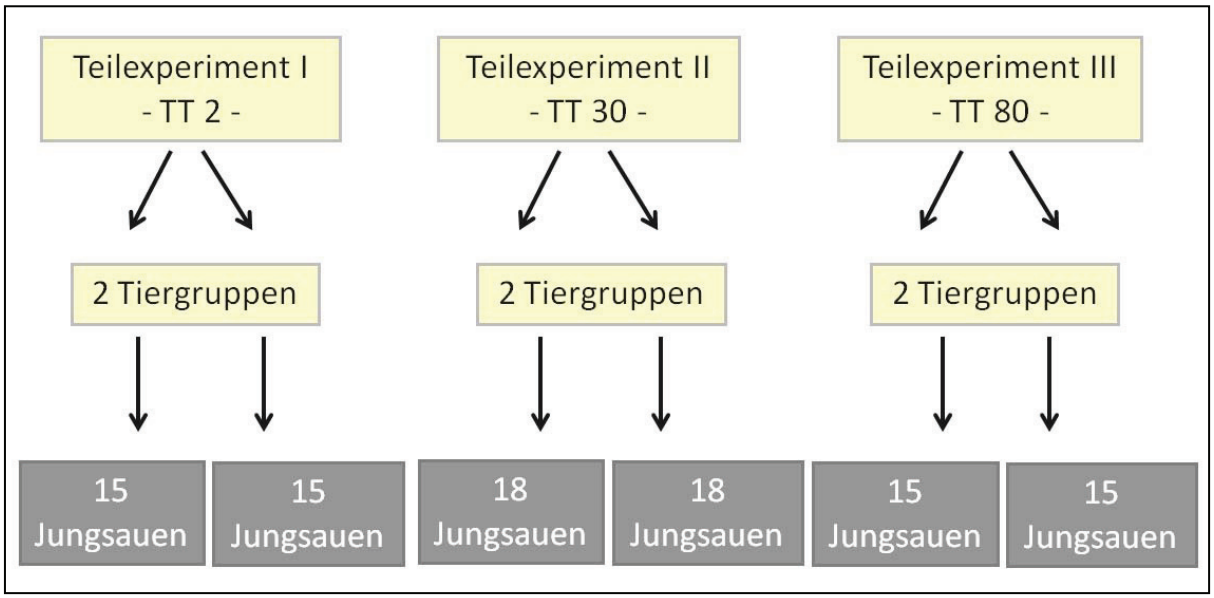
Ringauswertung Sächsischer Landeskontrollverband e.V. 2001, 2002, 2003

http://www.mszv.de/ring/public/r0312-t.pdf
http://www.mszv.de/ring/public/r1204z.pdf
http://www.mszv.de/ring/public/r0512-t.pdf
http://www.mszv.de/ring/public/r0612-t.pdf
http://www.mszv.de/ring/public/r0712-t.pdf
http://www.ifpcs.org/interpig.html

ZDS, Schweineproduktion 2006 in Deutschland, Zahlen aus der deutschen Schweineproduktion, Ausgabe 2007

A1 Beginn- und Abschlusstermine der Untersuchungen in den Teilexperimenten I - III

| Teilexperiment | Untergruppen | Beginn (Regumate®-Fütterung) | Ende (Schlachtung bzw. Operation) |
|---|---|---|---|
| II | Gruppe C | 19. Mai 2004 | 07. Juli 2004 |
| 30. Trächtigkeitstag | Gruppe D | 21. Juli 2004 | 10. September 2004 |
| III | Gruppe E | 13. Oktober 2004 | 21. Januar 2005 |
| 80. Trächtigkeitstag | Gruppe F | 22. Februar 2005 | 27. Mai 2005 |
| I | Gruppe A | 22. Juni 2005 | 16. Juli 2005 |
| 2. Trächtigkeitstag | Gruppe B | 03. August 2005 | 27. August 2005 |




A2 Aufteilungsplan der Gruppen in Teilprojekt 1

**Betrieb:**..... Datum: .....

**Sauendaten**

Ohrnummer: ..... Geb.datum: .....

**Wurfdaten**

Wurfnummer: ..... Anpaarung:.....

Geburtsbeginn: ..... Geburtsende: .....

Ferkelanzahl

IGF: …….. LGF: ……. AGF: ……..

| lfd. Nr. | Geschlecht | Geburtsgewicht | Nabelschnur | Zeitpunkt der Geburt |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |

A3 Fragebogen zur Ermittlung der Geburtsgewichte in Betrieb A und B

# Danksagung

Für die Überlassung des interessanten Themas und die stets gewährte fachliche Betreuung möchte ich mich bei Prof. Dr. E. Mohr recht herzlich bedanken.

Prof. Dr. K.-P. Brüssow danke ich für die sehr wertvolle Unterstützung bei der theoretischen wie praktischen Versuchsdurchführung und der Niederschrift der Arbeit sowie der wissenschaftlichen Betreuung zu jeder Zeit.

Sehr herzlich danken möchte ich Prof. D. M. Wähner für die stets wertvollen Anregungen und Ideen aber auch kritischen Hinterfragungen, für die Hilfe bei der Durchführung des Versuches sowie bei der Schriftlegung der Arbeit.

Für die konstruktive Zusammenarbeit danke ich den Kollegen der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Köllitsch, des Mitteldeutschen Schweinezuchtverbandes e.V., des Forschungsinstituts für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere in Dummerstorf sowie des Prof. Hellriegel Instituts e.V. in Bernburg.

Ferner gilt mein Dank den Betriebsleitern und Angestellten der drei beteiligten Unternehmen und den Mitarbeitern des Schlachthofes in Belgern.

Ein großes Dankeschön nicht zuletzt an alle Freunde und Verwandte, die mich in allen Phasen der Anfertigung der Arbeit wunderbar unterstützt und begleitet haben.

# Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Andere als die von mir angegebenen Hilfsmittel und Quellen wurden nicht verwendet. Die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Kathleen Fischer